

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Penelitian Terdahulu

Rendy Syauqy Hasan dengan judul “*Electro Stimulator* (Kontraksi Otot Ekstremitas Atas)”, Pada alat yang telah dibuat oleh Rendy Syauqy Hasan, digunakan untuk kontraksi otot ekstremitas atas (lengan) yang dikhususkan untuk pengidap degenerasi otot salah satunya pasien pasca *stroke*, karena selama *stroke* pasien mengalami ketidakmampuan menggerakkan organ motorik seperti tangan dan kaki. Berdasarkan data yang telah penulis teliti, dari pengukuran modul alat yang dibuat oleh Rendy Syauqy Hasan, didapatkan *error* rata-rata dalam 5 kali pengukuran untuk tegangan 10 *volt* yaitu 64,6%, 20 *volt* sebesar 0,9%, 30 *volt* sebesar 3,7%, 40 *volt* sebesar 2,05%, 50 *volt* sebesar 0,36%, 60 *volt* sebesar 0,8%, dan 70 *volt* sebesar 0,14% [3].

Dari penelitian kasus diatas, penulis dapat menyimpulkan bahwa kekurangan alat ini adalah tegangan *output* yang di kelurkan oleh rangkaian *boost converter* tidak stabil karena sumber arus yang digunakan menggunakan komponen *solid state relay* sebagai sumber arus listrik untuk terapi yang dilakukan atau mungkin nilai-nilai komponen rancang bangun alat yang digunakan kurang spesifik, kemudian selisih *error* pada pemilihan tegangan 10 *volt* terlalu besar yaitu 64,6% sehingga membuat *output* tegangan tidak akurat dengan rencana *data* yang telah diteliti.

Pada Penelitian yang dibuat oleh Hendi Wicaksono tahun 2011 yang berjudul ”Rangkaian *Functional Electrical Stimulation* Sebagai *Stimulator* Rehabilitas Otot *Lower Limb*”. Pada penelitian tugas akhir ini digunakan untuk

kontraksi otot *lower limb* atau ekstremitas bawah (kaki) dengan membuat rangkaian pengaktifan stimulasi yang bertugas untuk mengaktifkan durasi stimulasi yang diberikan mulai dari 0-500  $\mu$ s. Pada penelitian ini dibuat perancangan rangkaian pembangkit pulsa dengan lebar pulsa yang dihasilkan sebesar 200  $\mu$ s. Dan besar frekuensi yang bergeser menjadi 23 Hz. Dilihat dari hasil pengukuran *output* rangkaian *boost convert*nya dapat diperoleh kemungkinan penggunaan besar amplitudo berkisar dari tegangan 60 hingga 90 *volt* didapat dengan memberikan besar nilai frekuensi mulai dari 150 Hz sampai dengan 300 Hz. Dapat dilihat dari data tersebut juga, tegangan *output* dari rangkaian *boost converter* meningkat seiring dengan meningkatnya nilai frekuensi [4].

Dari penelitian tentang alat yang dibuat oleh saudara Hendi Wicaksono dapat disimpulkan bahwa terdapat data nilai frekuensi dan tegangan yang dihasilkan tidak linear, hal ini dikarenakan rangkaian yang terbentuk dari komponen RLC memang merupakan komponen-komponen *non* linear. Dari dua parameter tersebut yang terpenting adalah lebar pulsa yang sebenarnya harus sama besar antara 200-250  $\mu$ s.

Penelitian yang dilakukan oleh Putri Ni'matul Lillah tahun 2012 dengan judul penelitian "Rancang Bangun *Elektrical Stimulator* Berbasis Mikrokontroler Sebagai Pengganti Palu Refleks (*Hammer Reflex*)". Berdasarkan penelitian yang telah penulis lakukan, terdapat beberapa kasus dimana refleks regang biasanya diuji dengan palu refleks yang diketukkan ke tendon untuk mendiagnosa kekuatan refleks pada pasien dengan skala tertentu. Adapun tujuan penelitian tersebut adalah untuk merancang alat *electrical* stimulator yang digunakan sebagai pengganti palu refleks, Pada penelitian tersebut menggunakan sistem operasi yang

sudah di program dengan pemilihan level tegangan stimulasi refleks 1-8 *volt*. Alat ini bekerja dengan lebar pulsa sebesar 20  $\mu$ s, frekuensi stimulasi sebesar 8,488 Hz dengan bentuk gelombang *spike* mempunyai tingkat akurasi sebesar 99,592% dan tingkat kestabilan 99,533% [5].

Dalam perancangan alat yang dilakukan oleh Putri Ni'matul Lillah, dapat di ambil kesimpulan bahwa dalam penelitiannya tidak adanya variasi grading skore dengan pembanding uji klinis refleks. Kesimpulan lainnya juga ialah metode penggantian palu refleks dengan *electrical* stimulator yang biasanya diuji dengan palu refleks dapat ditutupi dengan penggunaan rancang bangun alat *electrical* stimulator yang telah dibuat peneliti tersebut.

Pada dasarnya, alat dan bahan yang digunakan oleh peneliti-peneliti diatas hampir sama tetapi mempunyai tujuan dan hasil yang berbeda-beda dalam kasusnya, pada peneliti yang pertama dengan rangkaian-rangkaian *astable* sebagai penyetabil dan pembangkit tegangan keluaran dari sumber daya ke rangkaian *boost converter*.

Begitu pula dengan peneliti yang kedua dengan rangkaian yang sama tetapi data dan hasil analisis berbeda dikarenakan kemungkinan peneliti kedua menggunakan nilai-nilai komponen *non* linear sehingga terjadinya pergeseran frekuensi atau tegangan yang cukup besar.

Sedangkan peneliti ketiga dengan rancang bangun alat yang sama tetapi sebagai suatu metode penggantian cara mendiagnosa kekuatan otot pada pasien dengan kasus mengubah *hammer reflex* dengan alat elektro stimulator, dengan metode ini fisioterapis dapat dengan mudah mengevaluasi dan mendiagnosa suatu kasus pada pasien dengan bantuan rancang bangun alat stimulasi listrik yang telah dibuat sebelumnya.

## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1. Terapi Stimulator

Stimulator berasal dari kata *stimulant* yang berarti rangsangan dan *tor* yang berarti alat. Stimulator merupakan peralatan medis yang menggunakan energi gelombang listrik faradik frekuensi rendah yang dapat dimanfaatkan untuk proses terapi penyembuhan. Reaksi yang dihasilkan oleh gelombang tegangan dan frekuensi rendah ini telah diterapkan pada terapi untuk penanganan berbagai macam penyakit yang mempengaruhi sendi, otot, dan syaraf-syaraf. Pemberian frekuensi rendah berkisar antara 0,8-10 Hz selama kurang lebih 15 menit dapat digunakan untuk men-charge titik terapi. Sedangkan penggunaan frekuensi 1-100 Hz dapat digunakan untuk menstimulasi otot-otot dengan persyarafan normal dengan nilai amplitudo 0 – 100 volt DC. Untuk terapi dalam jangka waktu singkat dapat menggunakan dan bersifat merangsang otot maka digunakan arus faradik. Manfaat terapi dari efek arus faradik yakni memberikan fasilitas kontraksi otot, mendidik kerja otot, dan mendidik kerja otot baru.

Resistansi tubuh manusia hampir berada di seluruh permukaan kulit tubuh baik luar maupun dalam. Menurut penelitian di *Science Centre Singapore* (2009), “berjalannya arus listrik melalui tubuh manusia biasanya ditentukan oleh resistansi kulit, yang berkisar sekitar 1000  $\Omega$  untuk kulit basah dan sekitar 500.000  $\Omega$  untuk kulit kering. Hambatan internal dari tubuh kecil yaitu antara 100-500  $\Omega$ ”. Beberapa hal yang mempengaruhi besar kecilnya resistansi tubuh antara lain jenis kelamin, basah keringnya kulit, dan tebal tipisnya kulit. Saat tubuh manusia dialiri arus dengan nilai arus yang berbeda, maka berbeda pula akibat yang dirasakan. Dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa dengan nilai

arus sampai 8,0 mA masih merupakan batas arus aman sehingga dianjurkan untuk listrik yang mengalir dalam tubuh manusia untuk proses terapi [6].

. Dibawah ini terdapat tabel pengaruh besar arus pada tubuh manusia, sebagai berikut:

Tabel 2.1 Pengaruh besar arus pada tubuh manusia[6]

No.	Besar Arus	Pengaruhnya Terhadap Tubuh Manusia
1.	0 – 0,9 mA	Belum merasakan pengaruh
2.	0,9 – 1,2 mA	Baru terasa adanya arus listrik tetapi tidak menimbulkan kejang
3.	1,2 – 1,6 mA	Mulai terasa seakan ada yang merayap didalam otot
4.	1,6 – 6,0 mA	Otot merasakan seperti kesemutan
5.	6,0 – 8,0 mA	Otot mulai kaku, rasa kesemutan makin bertambah
6.	13 – 15 mA	Rasa sakit tak tertahankan, penghantar masih dapat dilepas
7.	15 – 20 mA	Otot tidak sanggup lagi melepaskan penghantar
8.	20 – 50 mA	Dapat mengakibatkan kerusakan pada tubuh manusia
9.	50 – 100 mA	Batas arus yang dapat menyebabkan kematian

Dalam bidang medis, alat elektro *stimulator* banyak digunakan untuk mengetahui respon sel-sel syaraf dan otot terhadap rangsang atau stimulasi listrik yang diberikan terutama untuk mendapatkan gambaran mengenai diagnosa kekuatan pada otot tertentu. Elektro *stimulator* banyak digunakan dalam penggunaan fisioterapi untuk memberikan stimulasi berupa energi listrik pada daerah otot tertetu.

### 2.2.2. Degenerasi Otot

Degenerasi merupakan suatu perubahan keadaan secara fisika dan kimia dalam sel, jaringan, atau organ yang bersifat menurunkan efisiensinya. Degenerasi dapat diakibatkan dari penuaan dan disebabkan oleh penyakit. Proses penuaan dapat terjadi akibat dari paparan radikal bebas. Penyebab lainnya yang dapat menyebabkan degenerasi adalah pelukaan, berkurangan persediaan darah, keracunan seperti konsumsi alkohol, atau kekurangan vitamin. Degenerasi dapat

menyebabkan berbagai penyakit yang disebut sebagai penyakit degeneratif. Salah satunya penyakit dari degenerasi otot bagian organ yakni distrofi otot.

Distrofi otot adalah suatu kelompok penyakit yang terdiri dari 30 jenis penyakit genetik yang ditandai dengan kelemahan progresif dan degenerasi (kemunduran) otot rangka dalam mengendalikan gerak tubuh. Beberapa bentuk distrofi otot dapat terlihat pada masa bayi atau anak-anak, sedangkan sebagian lainnya dapat muncul pada usia pertengahan. Seorang anak yang menderita distrofi otot akan menunjukkan gejala berupa tubuh bergoyang saat mulai berjalan atau berlari, menggunakan jari kaki dibandingkan kaki keseluruhan untuk berjalan, umumnya otot betis membesar yang disebut pseudohipertrofi, dan terjadi lordosis. Lama-kelamaan, otot yang rusak dapat menjadi makin tegang hingga menyebabkan kontraktur dan tidak dapat diregangkan lagi. Apabila anggota tubuh dan persendian tidak dapat digerakkan maka penderita akan mengalami kesulitan berjalan, berdiri, dan bahkan menggunakan lengannya. Berbagai tipe distrofi otot dibedakan berdasarkan distribusi dan tingkat kelemahan otot, tingkat perkembangan, pola penurunan sifat, dan waktu pertama kali menderita kelainan tersebut [7].

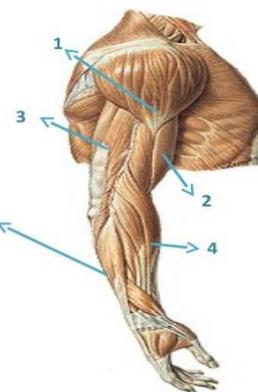
Dari pembahasan teori diatas, penulis dapat menyimpulkan bahwa salah satu penyebab sulitnya otot pasien pasca *stroke*, kecelakaan, dan proses penuaan normal kembali yaitu karena faktor degenerasi otot. Karena selama mengidap penyakit kasus tersebut, pasien mengalami ketidakmampuan menggerakkan organ motorik seperti tangan dan kaki. Hal ini diakibatkan oleh penyakit distrofi otot. Jika hal ini berlangsung dalam kurun waktu yang lama, otot-otot motorik akan mengalami penurunan daya kontraksi otot dilanjutkan dengan hilangnya kemampuan pergerakan pada otot dan yang paling penting adalah terjadinya

degenerasi otot. Hal ini yang menyebabkan pasien mengalami kesulitan pemulihan, sehingga harus dilatih menggerakkan organ motorik dengan fisioterapi. Jadi permasalahan pokok adalah tidak bekerjanya otot dalam waktu yang lama menyebabkan otot kehilangan kemampuan sehingga tidak mempunyai daya untuk melakukan pergerakan.

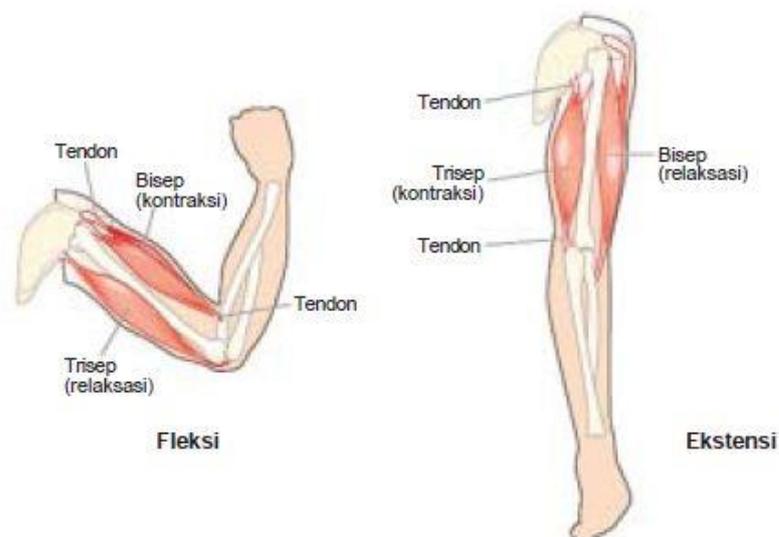
Dibawah ini terdapat gambar bagian-bagian otot ekstremitas atas atau otot anggota gerak bagian atas dan gambar otot ekstremitas atas dalam posisi ekstensi (normal) dan fleksi (tidak normal), sebagai berikut:

• **Musculi Membri Superior**  
(Otot anggota gerak atas/tangan)

1. M. deltoideus
2. Otot fleksor lengan atas (m. bicep brachii)
3. Otot extensor lengan atas (m. trisep brachii)
4. Otot fleksor lengan bawah-dpn
5. Otot ekstensor lengan bawah-blk
6. Otot thenar
7. Otot hipothenar



Gambar 2.1 Bagian otot ekstremitas atas[8]



Gambar 2.2 Posisi otot fleksi (tidak normal) dan ekstensi (normal)[9]

Dari kedua otot utama ekstremitas atas, hanya otot bagian bawah lengan yang diberikan rangsangan listrik. Hal tersebut dikarenakan posisi ekstensi merupakan posisi untuk kembali ke sikap normal. Misalkan untuk mengangkat sesuatu maka harus pada posisi fleksi sehingga otot *biceps* yang harus diberikan rangsangan.

### 2.2.3. Definisi *Portable* Dari Alat

Berdasarkan modul alat yang penulis buat, terdapat fitur *portable* untuk mempermudah pasien melakukan terapi dimana saja karena alat terapi yang penulis buat menggunakan sumber daya baterai tipe Li-Ion 3 *cell* baterai  $\pm 12$  volt DC yang mudah di bawa dan dapat di *charge*, walaupun pada saat baterai mengalami kerusakan dapat di ganti dengan yang baru sehingga pengguna tidak selalu membutuhkan sumber tegangan PLN yang membuat pengguna harus menetap dan berdiam diri pada satu tempat untuk melakukan terapi. Definisi singkat *portable* menurut *website Wikipedia* sendiri adalah:

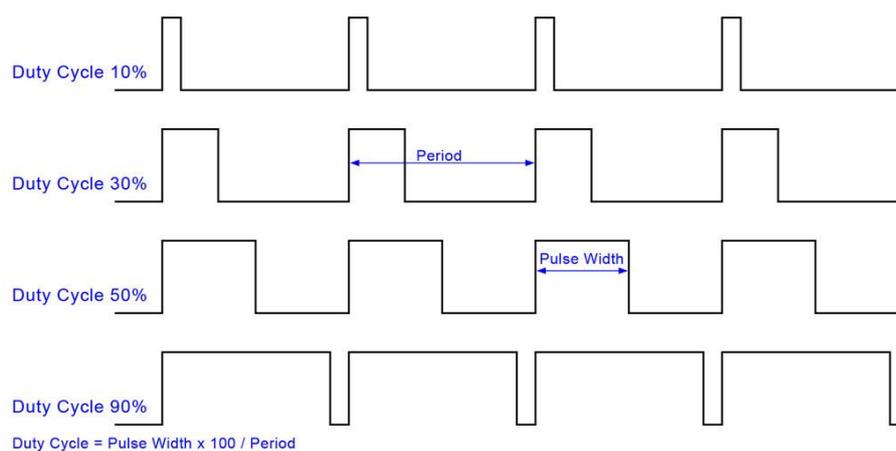
- a. Mampu ditanggung atau dibawa.
- b. Mudah diangkut.
- c. Tidak sulit digunakan.
- d. Mudah diperbaiki.
- e. Sederhana.

### 2.3. *Pulse Width Modulation* dan Transistor IRF9540

*Pulse Width Modulation* (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Beberapa contoh aplikasi PWM adalah pemodulasian data untuk telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban, regulator tegangan, *audio effect* dan penguatan,

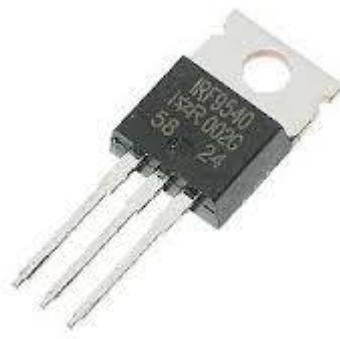
serta aplikasi-aplikasi lainnya. Aplikasi PWM berbasis mikrokontroler biasanya berupa pengendalian kecepatan motor DC, pengendalian motor servo, pengaturan nyala terang LED dan lain sebagainya. Sinyal PWM pada umumnya memiliki amplitudo dan frekuensi dasar yang tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar Pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Artinya, Sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *duty cycle* bervariasi (antara 0% hingga 100%).

*Pulse Width Modulation* (PWM) merupakan salah satu teknik untuk mendapatkan signal analog dari sebuah piranti digital. Sebenarnya sinyal PWM dapat dibangkitkan dengan banyak cara, dapat menggunakan metode analog dengan menggunakan rangkaian *op-amp* atau dengan menggunakan metode digital. Dengan metode analog setiap perubahan PWM-nya sangat halus, sedangkan menggunakan metode digital setiap perubahan PWM dipengaruhi oleh resolusi dari PWM itu sendiri. Resolusi adalah jumlah variasi perubahan nilai dalam PWM tersebut. Misalkan suatu PWM memiliki resolusi 8 bit berarti PWM ini memiliki variasi perubahan nilai sebanyak  $2^8 = 256$  variasi mulai dari 0 – 255 perubahan nilai yang mewakili *duty cycle* 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut [10].



Gambar 2.3 Sinyal pada *Pulse Width Modulation*[10]

Pada rangkaian *driver* PWM yang penulis buat, terdapat transistor berjenis *Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor* atau biasa disebut MOSFET adalah sejenis transistor yang digunakan sebagai penguat, tapi paling sering kali transistor jenis ini difungsikan sebagai saklar elektronik. Bahan semikonduktor yang digunakan untuk membuat MOSFET adalah silikon, namun beberapa produsen IC, terutama IBM, mulai menggunakan campuran silikon dan germanium (SiGe) sebagai kanal MOSFET. Sayangnya, banyak semikonduktor dengan karakteristik listrik yang lebih baik daripada silikon, seperti galium arsenid (GaAs), tidak membentuk antarmuka semikonduktor ke isolator yang baik sehingga tidak cocok untuk MOSFET. Hingga kini terus diadakan penelitian untuk membuat isolator yang dapat diterima dengan baik untuk bahan semikonduktor lainnya.



Gambar 2.4 Transistor MOSFET IRF9540[11]

FET bentuk fisiknya seperti transistor, fungsinya adalah untuk menaikkan tegangan atau menurunkan tegangan dan biasanya digunakan pada rangkaian *power supply* jenis *switching* untuk menghasilkan tegangan tinggi untuk menggerakkan trafo. FET memiliki tiga kaki juga yaitu:

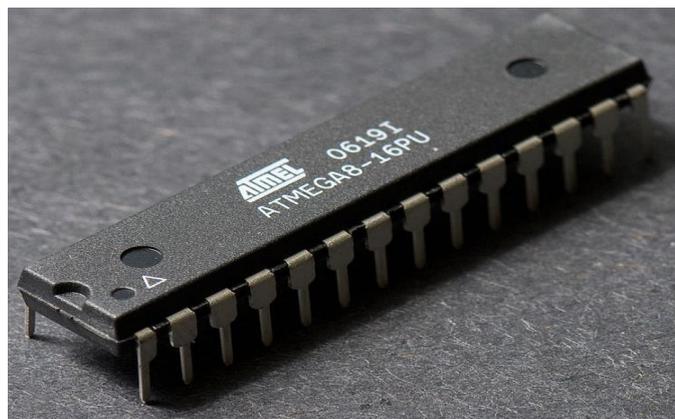
- a. *GATE* (G) adalah kaki *input*.
- b. *DRAIN* (D) adalah kaki *output*.

c. *SOURCE(S)* adalah kaki sumber.

Pengaturan lebar modulasi dipergunakan di berbagai bidang yang sangat luas, salah satu diantaranya adalah *speed control* (kendali kecepatan), *power control* (kendali sistem daya), *Measurement and Communication* (pengukuran atau instrumentasi dan telekomunikasi). Dalam pembuatan alat yang akan dibahas kali ini, penulis menggunakan sistem kerja PWM dengan transistor MOSFET sebagai salah satu pengatur tegangan *output* rangsangan listrik dari alat, dengan menggunakan AVR *Microcontroller*.

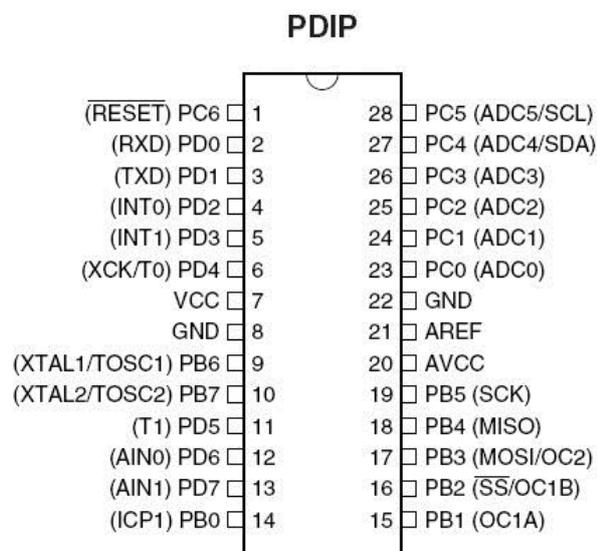
#### 2.4. *Microcontroller* ATmega8

AVR merupakan seri *microcontroller* CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. AVR mempunyai 32 *register general-purpose*, *timer/counter* fleksibel dengan mode *compare*, *interrupt* internal dan eksternal, serial USART, *Programmable Watchdog Timer*, dan mode *power saving*. Beberapa diantaranya mempunyai ADC dan PWM internal. AVR juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang mengijinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI.



Gambar 2.5 *Microcontroler* ATmega8[13]

Atmega 8 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit daya rendah berbasis arsitektur RISC yang ditingkatkan. Kebanyakan instruksi dikerjakan pada satu siklus *clock*, ATMEGA 8 mempunyai *throughput* mendekati 1 MIPS per MHz membuat desain dari sistem untuk mengoptimasi konsumsi daya versus kecepatan proses. Susunan pin – pin dari IC mikrokontroler ATMEGA 8 diperlihatkan pada gambar dibawah ini. IC ini tersusun dari 28 pin yang memiliki beberapa fungsi tertentu [13]. Berikut ialah gambar serta pin konfigurasi *Microcontroller* Atmega8, seperti dibawah:



Gambar 2.6 Pin konfigurasi *Microcontroller* ATmega8[13]

Dibawah ini terdapat detail keterangan pin konfigurasi pada *Microcontroller* ATmega8, sebagai berikut:

a. VCC

Suplay tegangan pada ATmega8 sekitar 4,5 - 5,5 VDC, untuk ATmega8 sekitar 2,7 - 5,5 VDC.

b. GND

*Ground*

c. PORTB(PB7..PB0)

PORTB adalah *port I / O (input atau output)* sesuai dengan kebutuhan, di PORTB digunakan untuk mendownload program, karena di PORTB Terdapat pin MOSI, MISO, SCK, untuk review ulang terdapat pada PORTC. Di port ini ada 6 pin yang bisa digunakan.

d. PORTC(PC5..PC0)

PORTC adalah *port I / O (input atau output)*. Di *port* ini ada ADC (*Analog to Digital Converter*). Fungsi ADC adalah untuk mengubah data analog menjadi data digital yang nantinya akan diolah ke *microcontroler* ATmega8. Di *port* ini juga ada 6 pin yang bisa digunakan sesuai kebutuhan.

e. PORTD(PD7..PD0)

PORTD adalah *port I / O (input atau output)*. Di *port* ini ada INT.

f. PC6/RESET

Fungsi PC6 untuk *mereset* ulang program dan *resetnya* pada saat rendah atau aktif *low*.

g. AVCC

AVCC Adalah pin suplay tegangan untuk review pelabuhan ADC Dan lain. Pin ini harus dihubungkan dengan VCC, meski tidak bisa digunakan ADC. Supaya ATmega8 lebih aman, dianjurkan sebelum terhubung ke VCC resistor dipasang resistor 1 kΩ pada AVCC.

## 2.5. Baterai *Lithium* Ion

Baterai *lithium* ion biasa disebut baterai Li-Ion atau LIB adalah salah satu anggota keluarga baterai isi ulang (*rechargeable battery*). Di dalam baterai ini, ion litium bergerak dari elektroda negatif ke elektroda positif saat dilepaskan, dan kembali saat diisi ulang. Baterai Li-Ion memakai senyawa

litium interkalasi sebagai bahan elektrodanya, berbeda dengan litium metalik yang dipakai di baterai *lithium non*-isi ulang. Berikut foto dari baterai Li-ion, sebagai berikut:



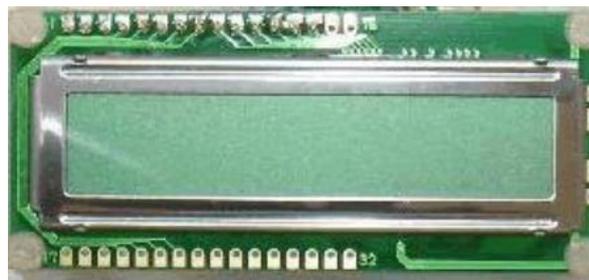
Gambar 2.7 Baterai *Lithium* ion[14]

Baterai ion litium umumnya dijumpai pada barang-barang elektronik konsumen. Baterai ini merupakan jenis baterai isi ulang yang paling populer untuk peralatan elektronik portabel, karena memiliki salah satu kepadatan energi terbaik, tanpa efek memori, dan mengalami kehilangan isi yang lambat saat tidak digunakan. Selain digunakan pada peralatan elektronik konsumen, LIB juga sering digunakan oleh industri militer, kendaraan listrik, dan dirgantara. Sejumlah penelitian berusaha memperbaiki teknologi LIB tradisional, berfokus pada kepadatan energi, daya tahan, biaya, dan keselamatan intrinsik [14].

Penulis menggunakan baterai Li-ion karena baterai ini mempunyai kapasitas daya yang tinggi sehingga lamanya pemakaian menggunakan baterai ini dapat terpenuhi. Baterai Li-ion sangat kuat sehingga untuk menghidupkan suatu komponen atau instrumen dapat digunakan karena baterai ini tahan lama dan untuk hal kerusakan bateraipun cukup minim.

## 2.6. *Liquid Cristal Display* (LCD)

*Liquid Crystal Display* (LCD) adalah sebuah *display dot matrix* yang difungsikan untuk menampilkan tulisan berupa angka atau huruf sesuai dengan yang diinginkan (sesuai dengan program yang digunakan untuk mengontrolnya). Pada tugas akhir ini penulis menggunakan LCD *dot matrix* dengan karakter 2x16, sehingga kaki – kakinya berjumlah 16 pin. Berikut ialah gambar *Liquid Cristal Display* (LCD) 2x16:



Gambar 2.8 *Liquid Cristal Display* (LCD)[15]

Dibawah ini adalah tabel keterangan fungsi pin *Liquid Cristal Display* (LCD) 2×16:

Tabel 2.2 Pin fungsi *Liquid Cristal Display*[15]

No.	Nama	Fungsi
1.	VSS	<i>Ground voltage</i>
2.	VCC	+5V
3.	VEE	<i>Contrast voltage</i>
4.	RS	<i>Register Select</i> 0 = <i>Instruction Register</i> 1 = <i>Data Register</i>
5.	R/W	<i>Read/ Write, to choose write or read mode</i> 0 = <i>write mode</i> 1 = <i>read mode</i>
6.	E	<i>Enable</i> 0 = <i>start to lacht data to LCD character</i> 1 = <i>disable</i>
7.	DB0	LSB
8.	DB1	-
9.	DB2	-
10.	DB3	-

11.	DB4	-
12.	DB5	-
13.	DB6	-
14.	DB7	MSB
15.	BPL	<i>Back Plane Light</i>
16.	GND	<i>Ground voltage</i>

Penjelasan fungsi pin *Liquid Cristal Display* (LCD) 2×16 yaitu:

1. DB0 – DB7 adalah jalur data (*data bus*) yang berfungsi sebagai jalur komunikasi untuk mengirimkan dan menerima data atau instruksi dari *Microcontroller* ke modul LCD.
2. RS adalah pin yang berfungsi sebagai *selector register* yaitu dengan memberikan logika *low* (0) sebagai *register* perintah dan logika *high* (1) sebagai *register* data.
3. R/W adalah pin yang berfungsi untuk menentukan mode baca atau tulis dari *data* yang terdapat pada DB0 – DB7, yaitu dengan memberikan logika *low* (0) untuk fungsi *read* dan logika *high* (1) untuk *mode write*.
4. *Enable* (E), berfungsi sebagai *Enable Clock LCD*, logika 1 setiap kali pengiriman atau pembacaan data.

### 2.7. *Relay* HRS2H-DC5V

*Relay* adalah komponen listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi medan elektromagnetis. Jika sebuah penghantar dialiri oleh arus listrik, maka di sekitar penghantar tersebut timbul medan magnet. Medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik tersebut selanjutnya diinduksikan ke logam ferromagnetis [16].



Gambar 2.9 *Relay* HRS2H-DC5V[16]

Logam ferromagnetis adalah logam yang mudah terinduksi medan elektromagnetis. Ketika ada induksi magnet dari lilitan yang membelit logam, logam tersebut menjadi "magnet buatan" yang sifatnya sementara. Cara ini kerap digunakan untuk membuat magnet non permanen. Sifat kemagnetan pada logam ferromagnetis akan tetap ada selama pada kumparan yang melilitinya teraliri arus listrik. Sebaliknya, sifat kemagnetannya akan hilang jika suplai arus listrik ke lilitan diputuskan [16].

Sebenarnya aplikasi *relay* banyak sekali. Dari mobil-mobilan, kulkas, lampu sein motor dan mobil, pompa air otomatis, hingga peralatan pada pesawat terbang. Dari *relay* yang jenisnya kecil hingga yang mempunyai daya besar. Dari *relay* DC 5 volt, 12 volt hingga yang bervoltase tinggi. Keuntungan kita dalam menggunakan *relay* yakni dapat membuat rangkaian otomatis penyambung atau pemutus (*switch*) tegangan AC dan DC, *relay* bisa digunakan pada *switch* tegangan tinggi, *relay* juga menjadi solusi pada *switch* dengan arus yang besar, dan juga melakukan *switch* pada banyak kontak dalam waktu yang bersamaan.

## 2.8. Elektroda

Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non-logam dari sebuah sirkuit misalnya semikonduktor, elektrolit atau *vacuum*. Ungkapan kata ini diciptakan oleh ilmuwan *Michael Faraday*, dari bahasa Yunani, *electron* berarti *amber* dan *hodos* berarti sebuah cara [17].

Elektroda dalam sel elektrokimia dapat disebut sebagai anoda atau katoda. Kata – kata yang juga diciptakan oleh *Michael Faraday*. Anoda ini didefinisikan sebagai elektroda dimana *electron dating* dari sel elektrokimia dan oksidasi terjadi, kemudian katoda didefinisikan sebagai elektroda dimana *electron* memasuki sel elektrokimia dan reduksi terjadi. Setiap elektroda dapat menjadi sebuah anoda atau katoda tergantung dari tegangan listrik yang diberikan kepada sel elektrokimia tersebut. Elektrofisiologi ialah studi kelistrikan sel dan jaringan biologis, yang melibatkan pengukuran perubahan voltase. Dalam *neurosis*, elektrofisiologi melibatkan aktifitas potensial aksi.

Elektroda yang sering digunakan pada alat elektro stimulator menggunakan jenis *floating*. Prinsip dari elektroda ini berfungsi untuk mencegah kontak langsung antara logam dengan kulit dan dalam pemakaiannya masih dalam bentuk elektrolit pasta atau *jelly* [18].

Dalam pembahasan kali ini penulis menggunakan elektroda untuk teknik *electrofisiology* dalam berjenis *floating* atau dapat disebut juga elektroda tempel. Fungsi elektroda yang penulis gunakan ini dikhususkan untuk penggunaan terapi menggunakan elektrostimulator listrik yang dimana ujung katoda dan anoda pada elektroda ini harus bersentuhan dengan kulit manusia sebagai penghubung antara

arus listrik stimulator dengan kulit. Berikut gambar 2.10, contoh elektroda jenis *floating* untuk teknik elektrofisiology, yaitu:



Gambar 2.10 Elektroda jenis *floating*

## 2.9. *Charger* LiPo

Modul *charger* lipo series ialah sebuah modul *charger* yang digunakan untuk men*charge* baterai *lithium ion* yang berjumlah 2-3 baterai *lithium ion series* yang memanfaatkan sambungan daya dari PLN atau piranti lainnya. Dibawah gambar dari charger lipo merk B3 pro ditunjukkan oleh gambar 2.11 berikut:



Gambar 2.11 *Charger* LiPo B3 Pro  
(sumber : [www.tokopedia.com](http://www.tokopedia.com))

Berikut adalah detail spesifikasi dari *charger* lipo merk B3 Pro yang penulis gunakan dalam instrument kinerja alat, yaitu:

*Input Voltage* : AC 110-240 *Volt*  
*Balance Charger Current* : 850mA  
*Display* : *Red and Green LED*  
*Max Charge Power* : 10 *Watt*  
*Only Charge For 2-3 series LiPo battery*