

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada pembuatan modul inframerah terdahulu (Farida Hidayati,2009) yang berjudul “Rancang Bangun Alat Terapi Infra Merah” dari Universitas Indonesia dimana pada penelitiannya penggunaan mikrokontroller masih menggunakan AT89S51, namun seiring perkembangan teknologi AT89S51 sudah digantikan dengan berbagai seri dari ATmel diataranya ATmega16, tentunya dengan beberapa kelebihan ATmega16. Dimana pada AT89S51 sudah jarang ditemukan dipasaran, kemudian untuk keluarga mikrokontroler AVR atau ATmega16 memiliki *memory internal* yang relatif besar. Pada ATmega16 memiliki 16 Kb (*Flash memory*), 512 Bytes (*eprom*), 1 Kb (RAM). sedangkan untuk AT89S51 memiliki 4 Kb (*Flash memory*), 128 bytes (RAM). Oleh karena itu, dapat dipastikan kapasitas memory ATmega16 lebih besar dari pada AT89S51. Kemudian AVR atau ATmega16 sudah memiliki fitur *EEPROM internal* sehingga tidak perlu memakai *EEPROM eksternal* sebagaimana pada penggunaan AT8951 (M.H. Alhakim,2007).

Modul terapi inframerah yang sudah banyak beredar di pasaran seperti gambar 2.1 dimana pada modul ini tidak terdapat *display LCD* dan kontrol *timer*.



Gambar 2.1 Alat Terapi infra merah merk philips (Galeri Medika, 2016)

Modul terapi yang beredar di pasaran seperti pada gambar 2.1 yaitu modul terapi inframerah merk PHILIPS yang belum terdapat *setting* waktu dan juga *LCD* sebagai *display* dimana alat konvensional ini hanya terdapat saklar untuk *ON* dan *OFF*.

2.2 Inframerah

Inframerah adalah radiasi *elektromagnetik* dari panjang gelombang lebih panjang dari cahaya tampak, tetapi lebih pendek dari radiasi gelombang radio. Namanya berarti "bawah merah" (dari bahasa Latin *infra*, "bawah"), merah merupakan warna dari cahaya tampak dengan gelombang terpanjang.

Radiasi inframerah memiliki jangkauan tiga "order" dan memiliki panjang gelombang antara 700 nm dan 1 mm.

Inframerah ditemukan secara tidak sengaja oleh Sir William Herschell, astronom kerajaan Inggris ketika ia sedang mengadakan penelitian mencari bahan penyaring optis yang akan digunakan untuk mengurangi kecerahan gambar matahari pada teleskop tata surya (Rizki Putra Prastio,2014).

2.2.1 Karakteristik Inframerah

Inframerah memiliki beberapa karakteristik seperti :

1. Tidak dapat dilihat oleh manusia
2. Tidak dapat menembus materi yang tidak tembus pandang
3. Dapat ditimbulkan oleh komponen yang menghasilkan panas
4. Panjang gelombang pada infra merah memiliki hubungan yang berlawanan atau berbanding terbalik dengan suhu. Ketika suhu mengalami kenaikan, maka panjang gelombang mengalami penurunan.

2.2.2 Prinsip Kerja Terapi Infra merah

Terapi Inframerah (IR) akan memberikan pemanasan superfisial pada daerah kulit yang diterapi sehingga menimbulkan beberapa efek fisiologis yang diperlukan untuk penyembuhan. Efek-efek fisiologis tersebut berupa mengaktifasi reseptor panas *superfisial* di kulit yang akan merubah transmisi atau konduksi saraf sensoris dalam menghantarkan nyeri sehingga nyeri akan dirasakan berkurang, pemanasan ini juga akan menyebabkan pelebaran

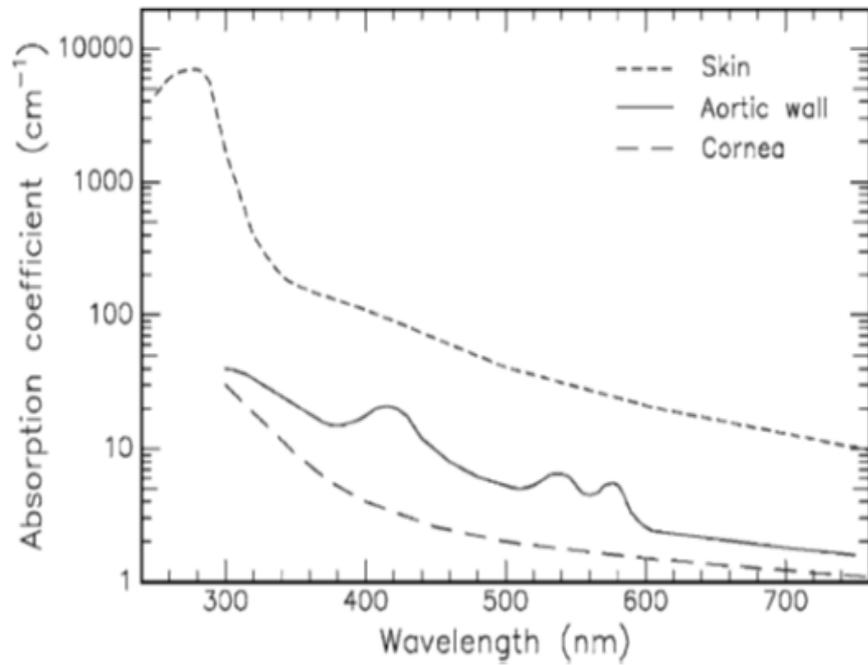
pembuluh darah (*vasodilatasi*) dan meningkatkan aliran darah pada daerah tersebut sehingga akan memberikan oksigen yang cukup pada daerah yang diterapi, meningkatkan aktifitas enzim-enzim tertentu yang digunakan untuk metabolisme jaringan dan membuang sisa-sisa metabolisme yang tidak terpakai sehingga pada akhirnya akan membantu mempercepat proses penyembuhan jaringan (Arif Soemarjono, 2015).

2.2.3 Kegunaan Inframerah dalam kehidupan pada Kesehatan

Terdapat beberapa kegunaan inframerah dalam kesehatan diantaranya:

1. Mengaktifkan molekul air dalam tubuh. Hal ini disebabkan karena inframerah mempunyai getaran yang sama dengan molekul air. Sehingga, ketika molekul tersebut pecah maka akan terbentuk molekul tunggal yang dapat meningkatkan cairan tubuh.
2. Meningkatkan sirkulasi *mikro*. Bergetarnya molekul air dan pengaruh inframerah akan menghasilkan panas yang menyebabkan pembuluh kapiler membesar, dan meningkatkan suhu kulit, memperbaiki sirkulasi darah dan mengurangi tekanan jantung.
3. Meningkatkan metabolisme tubuh. jika sirkulasi mikro dalam tubuh meningkat, racun dapat dibuang dari tubuh kita melalui metabolisme. Hal ini dapat mengurangi beban liver dan ginjal.

4. Mengembangkan Ph dalam tubuh. Sinar inframerah dapat membersihkan darah, memperbaiki tekstur kulit dan mencegah rematik karena asam urat yang tinggi.
5. Inframerah jarak jauh banyak digunakan pada alat-alat kesehatan. Pancaran panas yang berupa pancaran sinar infra merah dari organ-organ tubuh dapat dijadikan sebagai informasi kondisi kesehatan organ tersebut. Hal ini sangat bermanfaat bagi dokter dalam diagnosis kondisi pasien sehingga ia dapat membuat keputusan tindakan yang sesuai dengan kondisi pasien tersebut. Selain itu, pancaran panas dalam intensitas tertentu dipercaya dapat digunakan untuk proses penyembuhan penyakit seperti cacar.
6. Contoh penggunaan inframerah yang menjadi trend saat ini adalah adanya gelang kesehatan. Dengan memanfaatkan inframerah jarak jauh, gelang tersebut dapat berperang dalam pembersihan dalam tubuh dan pembasmian kuman atau bakteri (Rizki Putra Prastio, 2014).



Gambar 2.2 Grafik panjang gelombang infra merah (Rizki Putra Prastio,2014)

Untuk Kedalaman penetrasi sinar ke dalam jaringan dengan menggunakan hukum Lambert-Beer didapatkan kedalaman penetrasi adalah

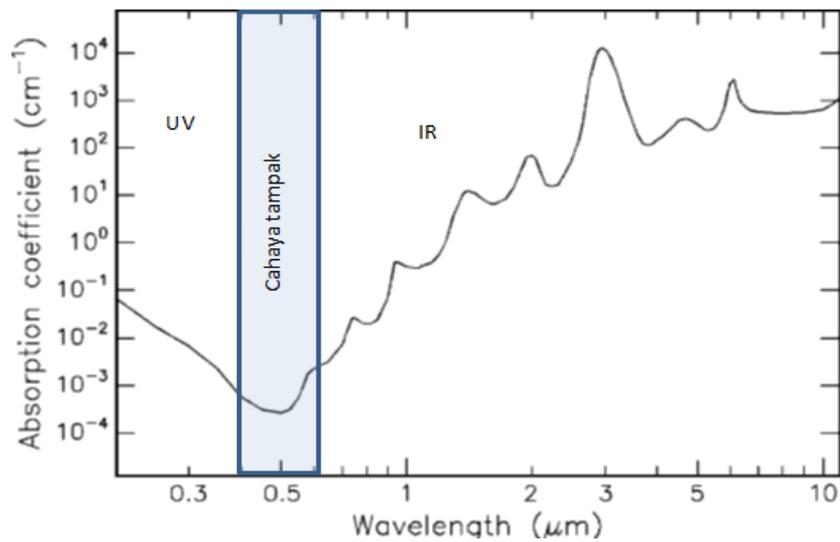
$$L = \frac{1}{\alpha} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

L= kedalaman penetrasi

α =koefisien serapan.

Grafik penyerapan gelombang inframerah dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Grafik Penyerapan gelombang inframerah (Rizki Putra Prastio,2014)

Pada grafik 2.3 koefisien serapan air pada rentang cahaya tampak sangat kecil sehingga air tampak transparan. Semakin mengarah ke panjang gelombang inframerah, koefisien serapan semakin membesar. Artinya sinar infra merah diserap oleh molekul air sehingga molekul air akan bergetar. Getaran ini meningkatkan energi dari molekul air tersebut. Karena energinya meningkat maka suhunya meningkat dan tubuh yang terpapar sinar infra merah akan terasa hangat. Efek lainnya adalah pembuluh darah menjadi lebih lebar dan aliran darah akan semakin lancar. Terapi ini juga dapat mengurangi rasa nyeri.

Jadi penggunaan sinar inframerah untuk terapi karena kemampuannya dalam menembus jaringan dan dapat menggetarkan molekul air dalam tubuh sehingga menghangatkan dan memperlancar aliran darah (Rizki Putra Prastio.2014).

2.2.4 Manfaat Inframerah

Dengan adanya panas temperatur naik dan pengaruh-pengaruh lain akan terjadi. Pengaruh tersebut antara lain :

1. Meningkatkan proses metabolisme

Seperti telah dikemukakan oleh hukum Vant Hoff bahwa suatu reaksi kimia akan dapat dipercepat dengan adanya panas atau kenaikan temperatur akibat pemanasan. Proses metabolisme terjadi pada lapisan *amperfacial* kulit akan meningkat sehingga pemberian oksigen dan nutrisi kepada jaringan lebih diperbaiki begitu juga pengeluaran sampah-sampah pembakaran.

2. Vasodilatasi pembuluh darah

Dilatasi pembuluh darah kapiler dan arteriolase akan terjadi segera setelah penyinaran, sehingga kulit akan segera tampak kemerah-merahan tetapi tidak merata, berkelompok-kelompok atau seperti bergaris-garis. Keadaan ini sebenarnya merupakan reaksi tubuh terhadap adanya sinar panas tadi dan dengan reaksi peradangan. Kulit yang mengadakan reaksi dan berwarna kemerah-merahan ini disebut *erythema*. *Erythema* ini disebabkan oleh adanya energi panas yang diterima ujung-ujung

syaraf sensoris yang kemudian mempengaruhi mekanisme pangatur panas (*heat regulating mechanism*). Untuk ini mekanisme vasomotor mengadakan reaksi dengan jalan pelebaran pembuluh darah sehingga sejumlah panas dapat diratakan keseluruh jaringan lewat sirkulasi darah. Dengan sirkulasi darah yang meningkat ini, maka pemberian nutrisi dan oksigen kepada jaringan akan ditingkatkan, dengan demikian kadar sel darah putih dan anti *body* di dalam jaringan tersebut akan meningkat. Dengan demikian pemeliharaan jaringan menjadi lebih baik dan perlawanan terhadap agen penyebab proses radang juga semakin baik.

3. Pigmentasi

Penyinaran yang berulang-ulang dengan sinar inframerah akan dapat menimbulkan pigmentasi pada tempat yang disinari. Hal ini dapat dilihat misalnya pada kulit kaki yang sering mendekat pada api pada musim dingin. Pigmentasi yang terjadi oleh karena sinar inframerah bentuknya berkelompok dan tidak merata.. Hal tersebut disebabkan oleh karena adanya perusakan pada sebagian sel-sel darah merah di tempat tersebut.

4. Pengaruh terhadap urat syaraf sensoris.

Mild heating (pemanasan yang ringan) mempunyai pengaruh sedatif terhadap ujung-ujung urat syaraf sensoris, sedang pemanasan yang keras justru dapat menimbulkan iritasi.

5. Pengaruh terhadap jaringan otot

Kenaikan *temperature* selain membantu terjadinya relaksasi juga akan meningkatkan kemampuan otot untuk berkontraksi (ingat fisiologi otot). *Spasme* yang terjadi akibat penumpukan asam susu (asam laktat) dan sisa-sisa pembakaran lainnya dapat dihilangkan dengan pemberian pemanasan. Hal ini dapat terjadi, mungkin oleh karena pemanasan akan mengaktifkan terjadinya pembuangan sisa-sisa hasil metabolisme. Sedangkan keadaan spastis (akibat kerusakan *upper motor neuron*) apabila diberikan penyinaran hanya akan diperoleh relaksasi yang bersifat sementara.

6. Destruksi jaringan

Penyinaran bisa terjadi apabila penyinaran yang diberikan menimbulkan kenaikan *temperature* jaringan yang cukup tinggi dan berlangsung dalam waktu yang lama sehingga di luar toleransi jaringan penderita.

7. Menaikkan temperatur tubuh

Penyinaran yang luas yang berlangsung dalam waktu yang *relative* cukup lama dapat mengakibatkan kenaikan *temperature* tubuh. Hal ini dapat terjadi oleh karena penyinaran akan memanasi darah dan jaringan yang berada di daerah *superficial* kulit, panas ini kemudian akan diteruskan ke seluruh tubuh (ke bagian-bagian yang lain) dengan cara konduksi dan

konveksi. Sebagai kelanjutan dari proses ini, maka di samping terjadi pemerataan panas, juga akan terjadi penurunan tekanan darah sistemik oleh karena adanya panas akan merangsang pusat pengatur panas tubuh untuk meratakan panas yang terjadi dengan jalan timbul dilatasi yang bersifat general, vasodilatasi ini akan mengakibatkan tahanan perifer menurun. Penurunan tahanan perifer akan diikuti dengan penurunan tekanan darah sistemik (Iwanpw, 2013).

2.2.5 Jenis- Jenis Inframerah Berdasarkan Panjang Gelombang

Terdapat beberapa jenis-jenis inframerah berdasarkan panjang gelombang antara lain:

- a. Inframerah jarak dekat dengan panjang gelombang 0.75 – 1.5 μm
- b. Inframerah jarak menengah dengan panjang gelombang 1.50 – 10 μm
- c. Inframerah jarak jauh atau *Far Infra Red* (FIR) dengan panjang gelombang 10 – 100 μm

Far Infra Red (FIR) Salah satu inframerah yang paling banyak diaplikasikan adalah menggunakan FIR (Inframerah jarak jauh). Tubuh manusia 70% nya terdiri dari air dan mengandung tinggi protein. Energi FIR dapat masuk ke dalam tubuh melalui kulit, menembus kulit sedalam 2-4 inci. Panas yang dihasilkan dari FIR ini akan merangsang getaran mikro di dalam molekul tubuh, menggetarkan satu dengan yang lainnya dengan cepat. FIR

mengionisasi dan mengaktifkan molekul air di dalam darah dan sel tubuh manusia, membantu meningkatkan sirkulasi darah.

2.2.6 *Infra Red Radiation*

Far Infra Red (IRR) atau radiasi infra merah digunakan untuk keluhan yang hanya sampai di bagian kulit. Sebagian besar radiasi inframerah yang datang pada kulit akan diserap lapisan kulit bagian luar. Bagian dalam kulit akan mengalami pemanasan dari aliran darah.

2.2.7 Prosedur Terapi Infra merah

Sebelum mendapatkan terapi inframerah sebaiknya menggunakan pakaian longgar yang memudahkan untuk proses terapi, untuk bagian atas tubuh menggunakan baju longgar, kemudian untuk bagian bawah tubuh sebaiknya menggunakan rok longgar atau celana pendek. Dan juga tidak menggunakan *lotion* ataupun obat-obatan gosok yang dapat menyebabkan iritasi kulit pada saat diberikan pemanasan dengan inframerah.

Prosedur Terapi Inframerah:

1. Menggunakan pakaian yang longgar dan nyaman.
2. Dokter atau terapis akan memeriksa kembali daerah yang akan diberikan terapi dan melakukan wawancara kembali mengenai kelainan yang diderita dan kemungkinan kontraindikasi untuk pemberian terapi dan riwayat alergi terhadap suhu panas. Dokter maupun terapis akan menjelaskan sekali lagi tujuan terapi

inframerah sesuai kondisi dan keadaan seseorang, tiap individu berbeda.

3. Dokter atau terapis akan membersihkan daerah yang akan diterapi dari minyak ataupun kotoran yang menempel di kulit termasuk dari lotion atau obat-obat gosok yang dipakai sebelumnya menggunakan kapas alkohol atau kapas yang diberi air. Bila mempunyai kulit yang *sensitif* dan kering sekali sebaiknya diberitahukan kepada dokter atau terapis yang akan menerapi, sehingga tidak akan digunakan kapas alkohol yang kadang dapat menyebabkan iritasi kulit.
4. Dokter atau terapis akan memposisikan bagian yang akan diterapi se nyaman mungkin, bagian yang akan diterapi tidak ditutupi oleh pakaian sehingga inframerah akan langsung mengenai kulit dan memberikan hasil yang optimal.
5. Dokter atau terapis akan melakukan setting dosis waktu dan posisi alat inframerah.
6. Kemudian segera inframerah akan diberikan, jangan menatap langsung lampu inframerah.
7. Bila terasa nyeri atau panas berlebihan saat terapi berlangsung segera bilang kepada terapis atau dokter yang menerapi.
8. Selesai terapi akan ditandai oleh bunyi timer dari alat inframerah. Jangan langsung berdiri atau duduk, tetap berbaring beberapa saat untuk mengembalikan aliran darah ke normal.

9. Dokter atau terapis akan kembali melakukan pemeriksaan dan wawancara mengenai efek yang dirasakan setelah selesai terapi.

Frekuensi pemberian terapi inframerah tergantung dari tujuan terapi dan respon dari penderita. Tentunya tergantung respon terapi dan analisis dokter atau terapis yang memeriksa. Jumlah terapi yang diberikan dan dosis yang digunakan tergantung pengalaman klinis dokter atau terapis yang memberikan terapi di pusat terapi tersebut, setiap terapis ataupun dokter yang memberikan terapi inframerah di suatu pusat terapi memiliki pengalaman yang berbeda-beda dengan dokter atau terapis di pusat terapi yang lain, sehingga dosis yang diberikan dan jumlah terapinya pun tidak sama meskipun alatnya sama.

Untuk mendapatkan hasil yang optimal dengan tujuan untuk meningkatkan elastisitas jaringan lunak diperlukan 6 kali terapi dengan frekuensi 2-3 kali per minggu dengan waktu pemberian 30 menit setiap kali terapi, tentunya dengan diikuti terapi lainnya seperti terapi latihan, tidak bisa hanya mengandalkan satu modalitas terapi saja (Arif Soemarjono, 2015).

2.3 Pembuluh Darah di Kaki

Terdapat peredaran pembuluh darah pada kaki dimana pembuluh darah ini ada dua yaitu arteri dan vena.

2.3.1 Arteri pada Kaki

Setelah melewati daerah *pelvis*, arteri iliaka selanjutnya menjadi arteri *femoralis*, yang bergerak turun di sebelah anterior paha. Arteri *femoralis* mengalirkan darah ke kulit dan otot paha dalam. Pada bagian bawah paha, arteri *femoralis* menyilang di posterior dan menjadi arteri *poplitea*. Di bawah lutut, arteri *poplitea* terbagi menjadi arteri *tibialis anterior* dan *tibialis posterior*.

Arteri *tibialis* bergerak turun di sebelah depan dari kaki bagian bawah menuju bagian *dorsal*/punggung telapak kaki dan menjadi arteri *dorsalis pedis*. Arteri *tibialis posterior* bergerak turun menyusuri betis dari kaki bagian bawah dan bercabang menjadi arteri *plantaris* di dalam telapak kaki bagian bawah.

2.3.2 Vena Pada Kaki

Darah yang meninggalkan kapiler-kapiler di setiap jari kaki bergabung membentuk jaringan *vena plantaris*. Jaringan plantar mengalirkan darah menuju vena dalam kaki (yaitu *vena tibialis anterior*, *tibialis posterior*, *poplitea*, dan *femoralis*). *Vena safena magna* dan *safena parva superficial* mengalirkan darah di telapak kaki dari arkus vena *dorsalis* menuju *vena poplitea* dan *femoralis* (Ni Luh Agustini dkk, 2009).

2.4 Mikrokontroler ATmega16

AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur *Reduced Instruction Set Computer* (RISC) yang ditingkatkan. Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. AVR mempunyai 32 *register generalpurpose, timer/counter fleksibel dengan mode compare, interrupt internal dan eksternal, serial UART, programmable Watchdog Timer, dan mode power saving*. 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. ATmega16 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit daya-rendah berbasis arsitektur RISC yang ditingkatkan (Iswanto, 2015).

2.4.1 Keistimewaan dari AVR ATmega16

1. Keuntungan arsitektur RISC
 - a. 130 Instruksi yang hebat – Kebanyakan satu detak untuk satu instruksi
 - b. 32 x 8 *General Purpose Fully Static Operation*
 - c. *Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz*
 - d. *On-chip 2-cycle Multiplier*
2. *Nonvolatile Program and Data Memories*
 - a. *8K Bytes of In-System Self-Programmable Flash*
 - b. *Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits*
 - c. *512 Bytes EEPROM*
 - d. *512 Bytes Internal SRAM*

e. *Programming Lock for Software Security-06r*

3. *Peripheral Features*

a. *Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Mode*

b. *Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes*

c. *One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode*

d. *Real Time Counter with Separate Oscillator*

e. *Four PWM Channels*

f. *8-channel, 10-bit ADC*

g. *Byte-oriented Two-wire Serial Interface*

h. *Programmable Serial USART*

4. *Special Microcontroller Features*

a. *Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection*

b. *Internal Calibrated RC Oscillator*

c. *External and Internal Interrupt Sources*

d. *Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby*

e. *5. I/O and Package*

f. *32 Programmable I/O Lines*

g. *40-pin PDIP, 44-lead TQFP, 44-lead PLCC, and 44-pad MLF*

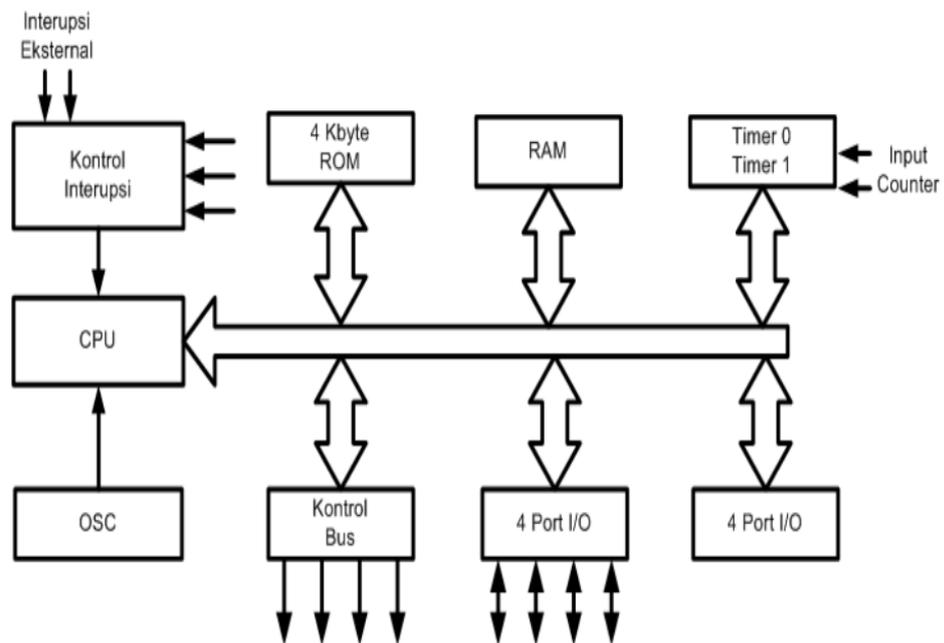
5. Operating Voltages

a. 2.7 - 5.5V for ATmega16L

b. 4.5 - 5.5V for Atmega16

2.3.2 Arsitektur ATmega16

Mikrokontroler ini menggunakan arsitektur Harvard yang memisahkan memori program dari memori data, baik bus alamat maupun bus data, sehingga pengaksesan program dan data dapat dilakukan secara bersamaan (*concurrent*) (Iswanto, 2015).



Gambar 2.4 Arsitektur ATmega16 (Iswanto, 2015)

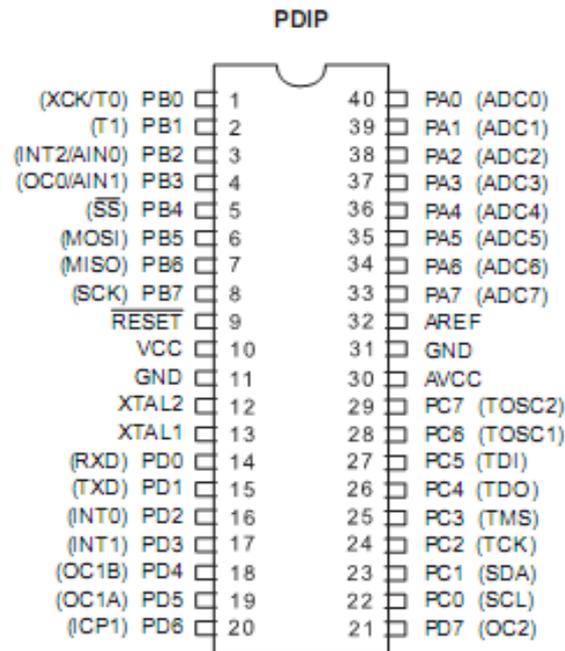
Secara garis besar *mikrokontroler ATmega16* terdiri dari :

1. Memiliki kapasitas *Flash memori* 16Kbyte, EEPROM 512 Byte, dan SRAM 1Kbyte

2. Saluran I/O 32 buah, yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C*, dan *Port D*.
3. CPU yang terdiri dari 32 buah *register*.
4. *User interupsi internal* dan *eksternal*
5. *Port* antarmuka SPI dan *Port* USART sebagai komunikasi serial
6. *Fitur Peripheral*
 - a. Dua buah 8-bit *timer/counter* dengan *prescaler* terpisah dan *mode compare*
 - b. Satu buah 16-bit *timer/counter* dengan *prescaler* terpisah, *mode capture*
 - c. *Real time counter* dengan *osilator* tersendiri
 - d. Empat kanal PWM dan Antarmuka komparator *analog*
 - e. 8 kanal, 10 bit ADC

2.3.3 Konfigurasi Pin

Konfigurasi pena (*pin*) mikrokontroler *ATmega16* dengan kemasan 40-pin dan memiliki 8 *pin* untuk masing-masing Gerbang A (*Port A*), Gerbang B (*Port B*), Gerbang C (*Port C*), dan gerbang D (*Port D*).



Gambar 2.5 Pin-Pin Atmega16 (Iswanto,2015)

2.3.4 Deskripsi Mikrokontroler ATmega 16

Pada *ATmega16* ini memiliki *port-port* yang memiliki fungsi sebagai berikut:

- a. VCC (*Power Supply*) dan GND(*Ground*)
- b. *Port A* (PA7..PA0)

Port A berfungsi sebagai *input analog* pada konverter A/D.

Port A juga sebagai suatu *Port I/O* 8-bit dua arah, jika A/D konverter tidak digunakan. *Pin - pin Port* dapat menyediakan resistor *internal pull-up* (yang dipilih untuk masing-masing bit).

Port A output buffer mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya sink tinggi dan kemampuan sumber. Ketika *pin* PA0 ke PA7 digunakan sebagai *input* dan secara *eksternal* ditarik rendah,

pin-pin akan memungkinkan arus sumber jika resistor *internal pull-up* diaktifkan. *Pin Port A* adalah *tri-stated* manakala suatu kondisi *reset* menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

c. *Port B* (PB7..PB0)

Port B adalah suatu *port I/O* 8-bit dua arah dengan resistor *internal pull-up* (yang dipilih untuk beberapa bit). *Port B output buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya *sink* tinggi dan kemampuan sumber.

Sebagai *input*, pena *Port B* yang secara *eksternal* ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pull-up* diaktifkan. Pena *Port B* adalah *tri-stated* manakala suatu kondisi *reset* menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

d. *Port C* (PC7..PC0)

Port C adalah suatu *Port I/O* 8-bit dua arah dengan resistor *internal pull-up* (yang dipilih untuk beberapa bit). *Port C output buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya *sink* tinggi dan kemampuan sumber.

Sebagai *input*, pena *Port C* yang secara *eksternal* ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pull-up* diaktifkan. Pena *Port C* adalah *tri-stated* manakala suatu kondisi *reset* menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

e. *Port D* (PD7.PD0)

Port D adalah suatu *Port I/O* 8-bit dua arah dengan *resistor internal pull-up* (yang dipilih untuk beberapa bit). *Port D output buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya *sink* tinggi dan kemampuan sumber.

Sebagai *input*, pena *Port D* yang secara *eksternal* ditarik rendah akan arus sumber jika *resistor pull-up* diaktifkan. Pena *Port D* adalah *tri-stated* manakala suatu kondisi *reset* menjadi aktif, sekalipun waktu habis.

f. *RESET* (*Reset input*)

g. XTAL1 (*Input Oscillator*)

h. XTAL2 (*Output Oscillator*)

i. AVCC adalah pena penyedia tegangan untuk *Port A* dan *Konverter A/D*.

j. AREF adalah pena *referensi analog* untuk *konverter A/D*.

2.3.5 *Analog To Digital Converter (ADC)*

AVR ATMega16 merupakan tipe *AVR* yang telah dilengkapi dengan 8 saluran *ADC internal* dengan resolusi 10 bit. Dalam *mode* operasinya, *ADC* dapat dikonfigurasi, baik *single ended input* maupun *differential input*. Selain itu, *ADC ATMega16* memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi, dan kemampuan *filter* derau (*noise*) yang amat *fleksibel* sehingga dapat dengan mudah

disesuaikan dengan kebutuhan dari ADC itu sendiri. ADC pada *ATMega16* memiliki fitur-fitur antara lain :

- a. Resolusi mencapai 10-bit
- b. Akurasi mencapai ± 2 LSB
- c. Waktu konversi 13-260 μ s
- d. 8 saluran ADC dapat digunakan secara bergantian
- e. Jangkauan tegangan input ADC bernilai dari 0 hingga VCC
- f. Disediakan 2,56V tegangan referensi internal ADC
- g. Mode konversi *kontinyu* atau mode konversi tunggal
- h. Interupsi ADC *complete*

2.4 Liquid Crystal Display (LCD)

Liquid Crystal Display (LCD) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD ini sendiri berfungsi sebagai *display* modul.

2.4.2 Fitur LCD 16 x 2

Adapun fitur yang disajikan dalam LCD 2x16 adalah :

- a. Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris.
- b. Mempunyai 192 karakter tersimpan.
- c. Terdapat karakter generator terprogram.
- d. Dapat dialamati dengan mode 4-bit dan 8-bit.
- e. Dilengkapi dengan *back light*.



Gambar 2.6. Bentuk Fisik LCD 16 x 2 (Aris Munandar, 2012)

Tabel 2.2 Spesifikasi Kaki LCD

Pin	Deskripsi
1	Ground
2	Vcc
3	Pengatur Kontras
4	“RS” <i>Instruction/Register Select</i>
5	“R/W” <i>Read/Write LCD Registers</i>
6	“EN” <i>Enable</i>
7-14	Data I/O Pins
15	Vcc
16	<i>Ground</i>

2.4.3 Cara Kerja LCD

Pada aplikasi umumnya RW diberi logika rendah “0”. Bus data terdiri dari 4-bit atau 8-bit. Jika jalur data 4-bit maka yang digunakan ialah DB4 sampai dengan DB7. *Interface LCD* merupakan sebuah *parallel* bus, dimana hal ini sangat memudahkan dan sangat cepat dalam pembacaan dan penulisan data dari atau ke *LCD*. Kode ASCII yang ditampilkan sepanjang 8-bit dikirim ke *LCD* secara 4-bit atau 8 bit pada satu waktu. Jika *mode* 4-bit yang digunakan, maka 2 *nibble* data dikirim untuk membuat sepenuhnya 8-bit (pertama dikirim 4-bit MSB lalu 4-bit LSB dengan pulsa *clock* EN setiap *nibble*).

Jalur kontrol EN digunakan untuk memberitahu *LCD* bahwa mikrokontroler mengirimkan data ke *LCD*. Untuk mengirim data ke *LCD* program harus menset EN ke kondisi *high* “1” dan kemudian menset dua jalur kontrol lainnya (RS dan R/W) atau juga mengirimkan data ke jalur data bus. Saat jalur lainnya sudah siap, EN harus diset ke “0” dan tunggu beberapa saat (tergantung pada *datasheet LCD*), dan set EN kembali ke *high* “1”. Ketika jalur RS berada dalam kondisi *low* “0”, data yang dikirimkan ke *LCD* dianggap sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus (seperti bersihkan layar, posisi kursor dll).

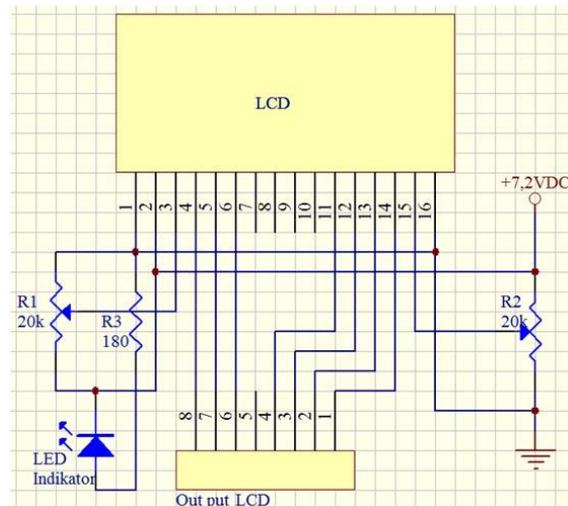
Ketika RS dalam kondisi *high* atau “1”, data yang dikirimkan adalah data ASCII yang akan ditampilkan dilayar. Misal, untuk menampilkan huruf “A” pada layar maka RS harus diset ke “1”. Jalur

kontrol R/W harus berada dalam kondisi *low* (0) saat informasi pada data bus akan dituliskan ke LCD. Apabila R/W berada dalam kondisi *high* “1”, maka program akan melakukan *query* (pembacaan) data dari LCD.

Instruksi pembacaan hanya satu, yaitu *Get LCD status* (membaca status LCD), lainnya merupakan instruksi penulisan. Jadi hampir setiap aplikasi yang menggunakan LCD, R/W selalu diset ke “0”. Jalur data dapat terdiri 4 atau 8 jalur (tergantung mode yang dipilih pengguna), DB0, DB1, DB2, DB3, DB4, DB5, DB6 dan DB7. Mengirim data secara *parallel* baik 4-bit atau 8-bit merupakan 2 mode operasi primer. Untuk membuat sebuah aplikasi *interface LCD*, menentukan mode operasi merupakan hal yang paling penting.

Mode 8-bit sangat baik digunakan ketika kecepatan menjadi keutamaan dalam sebuah aplikasi dan setidaknya minimal tersedia 11 pin I/O (3 pin untuk kontrol, 8 pin untuk data). Sedangkan mode 4 bit minimal hanya membutuhkan 7-bit (3 pin untuk kontrol, 4 pin untuk data). Bit RS digunakan untuk memilih apakah data atau instruksi yang akan ditransfer antara mikrokontroller dan LCD. Jika bit ini di set (RS = 1), maka byte pada posisi kursor LCD saat itu dapat dibaca atau ditulis. Jika bit ini di *reset* (RS = 0), merupakan instruksi yang dikirim ke LCD atau status eksekusi dari instruksi terakhir yang dibaca.

Untuk gambar skematik LCD 16x2 pada gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2.7 Skematik LCD 16 x 2 (Aris Munandar, 2012)

2.5 Solid State Relay

Solid state relay adalah *relay* yang elektronik, yaitu *relay* yang tidak menggunakan kontaktor mekanik. *Solid state relay* menggunakan kontaktor berupa komponen aktif seperti TRIAC, sehingga *solid state relay* dapat dikendalikan dengan tegangan rendah dan dapat digunakan untuk mengendalikan tegangan AC dengan voltase besar. Baik *relay* kontaktor biasa maupun *solid state relay* (SSR) mempunyai keuntungan dan kerugian. Baik keuntungan maupun kerugian tersebut merupakan ‘*trade-off*’ yang harus dipilih bagi disainer sistem kontrol.



Gambar 2.8 *Solid Satate Relay* (Zona Elektro,2014)

2.5.1 Deskripsi Solid State Relay

Pada dasarnya *Solid state relay* (SSR) merupakan *relay* yang dapat dideskripsikan sebagai berikut :

- a. Mempunyai empat buah terminal, 2 *input* terminal dan 2 buah *output* terminal.
- b. Tegangan *input* dapat berupa tegangan AC atau DC.
- c. Antara *output* dan *input* diisolasi dengan sistem optikal.
- d. *Output* menggunakan keluarga *thyristor*, SCR untuk beban DC dan TRIAC untuk beban AC.
- e. *Switching ON*, yang sering disebut '*firing*', *solid state relay* hanya bisa terjadi pada saat tegangan yang masuk ke *output* pada level yang sangat rendah mendekati nol volt.
- f. *Output* berupa tegangan AC (50 Hz atau 60 Hz).

2.5.2 Keuntungan Dan Kerugian Penggunaan Solid-State Relay

Penggunaan *solid state relay* mempunyai beberapa keuntungan yang menyebabkan *solid-state relay* saat ini menarik untuk digunakan pada aplikasi-aplikasi kontrol untuk beban AC daripada digunakannya *relay* mekanik (*Electromechanical Relay, EMR*), walaupun biaya sebuah *solid-state relay* lebih mahal daripada biaya sebuah *relay* mekanik biasa. Beberapa keuntungan penggunaan *solid state relay* diantaranya ;

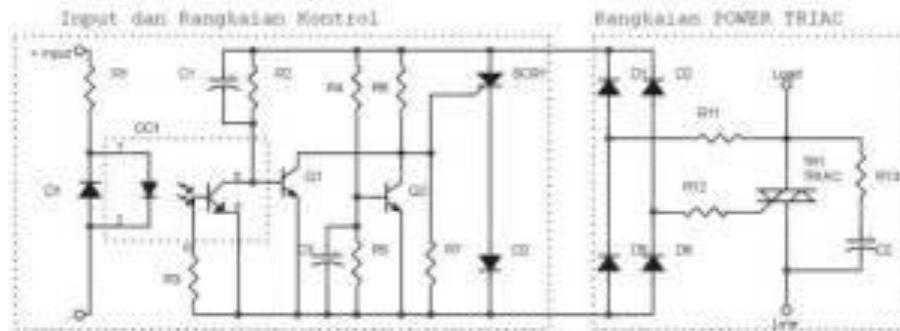
1. Pada *solid-state relay* tidak terdapat bagian yang bergerak seperti halnya pada *relay*. *Relay* mempunyai sebuah bagian yang bergerak yang disebut kontaktor dan bagian ini tidak ada pada *solid-state relay*. Sehingga tidak mungkin terjadi '*no contact*' karena kontaktor tertutup debu bahkan karat.
2. Tidak terdapat '*bounce*', karena tidak terdapat kontaktor yang bergerak maka pada *solid-state relay* tidak terjadi peristiwa '*bounce*' yaitu peristiwa terjadinya pantulan kontaktor pada saat terjadi perpindahan keadaan. Dengan kata lain dengan tidak adanya *bounce* maka tidak terjadi percikan bunga api pada saat kontaktor berubah keadaan.
3. Proses perpindahan dari kondisi '*off*' ke kondisi '*on*' atau sebaliknya sangat cepat hanya membutuhkan waktu sekitar $10\mu s$ sehingga *solid-state relay* dapat dengan mudah dioperasikan bersama-sama dengan *zero-crossing* detektor. Dengan kata lain operasi kerja *solid-state relay* dapat disinkronkan dengan kondisi *zero crossing* detektor.

4. *Solid-State relay* kebal terhadap getaran dan guncangan. Tidak seperti *relay* mekanik biasa yang kontaktornya dapat dengan mudah berubah bila terkena guncangan/getaran yang cukup kuat pada *body relay* tersebut.
5. Tidak menghasilkan suara ‘klik’, seperti *relay* pada saat kontaktor berubah keadaan.
6. Kontaktor *output* pada *solid-state relay* secara otomatis ‘*latch*’ sehingga energi yang digunakan untuk aktivasi *solid-state relay* lebih sedikit jika dibandingkan dengan energi yang digunakan untuk aktivasi sebuah *relay*. Kondisi *ON* sebuah *solid-state relay* akan di-*latch* sampai *solid-state relay* mendapatkan tegangan sangat rendah, yaitu mendekati nol volt.
7. *Solid-State relay* sangat sensitif sehingga dapat dioperasikan langsung dengan menggunakan level tegangan CMOS bahkan level tegangan TTL. Rangkaian kontrolnya menjadi sangat sederhana karena tidak memerlukan level konverter.
8. Masih terdapat *couple* kapasitansi antara input dan output tetapi sangat kecil sehingga arus bocor antara input output sangat kecil. Kondisi diperlukan pada peralatan *medical* yang memerlukan isolasi yang sangat baik.

Penggunaan *Solid state Relay* tidak lepas dari beberapa kerugian dalam penggunaannya, diantaranya :

1. Resistansi Tegangan transien. Tegangan yang diatur/dikontrol oleh *solid-state relay* benar-benar tidak bersih. Dengan kata lain tidak murni tegangannya berupa sinyal *sinus* dengan tegangan *peak to peak* 380 vpp tetapi terdapat *spike-spike* yang dihasilkan oleh induksi motor atau peralatan listrik lainnya. *Spike* ini level tegangannya bervariasi jika terlalu besar maka dapat merusakkan *solid-state relay* tersebut. Selain itu sumber-sumber *spike* yang lain adalah sambaran petir, imbas dari *solenoid valve* dan lain sebagainya.
2. Tegangan *drop*. Karena *solid-state relay* dibangun dari bahan silikon maka terdapat tegangan jatuh antara tegangan *input* dan tegangan *output*. Tegangan jatuh tersebut kira-kira sebesar 1 volt. Tegangan jatuh ini menyebabkan adanya dissipasi daya yang besarnya tergantung dari besarnya arus yang lewat pada *solid-state relay* ini.
3. Arus bocor-'*Leakage current*'. Pada saat *solid-state relay* ini dalam keadaan *off* atau keadaan *open* maka dalam kondisi yang ideal seharusnya tidak ada arus yang mengalir melewati *solid-state relay* tetapi tidak demikian pada komponen yang sebenarnya. Besarnya arus bocor cukup besar untuk jika dibandingkan arus pada level TTL yaitu sekitar 10mA rms.
4. Sukar dimplementasikan pada aplikasi multi fasa.
5. Lebih mudah rusak jika terkena radiasi nuklir.

2.5.3 Rangkaian Solid State Relay



Gambar 2.9 Rangkaian Solid State Relay (Zona Elektro,2014)

Pada *solid-state relay*, *switching* unit-nya biasanya menggunakan *TRIAC* sehingga *solid-state relay* ini dapat mengalirkan arus baik arus positif maupun arus negatif. Walaupun demikian untuk mengontrol *TRIAC* ini digunakan *SCR* yang mempunyai karakteristik *gate* yang sangat sensitif. Kemudian untuk mengatur *trigger* pada *SCR* sendiri diatur dengan menggunakan rangkaian transistor. Rangkaian transistor ini menjadi penguat level tegangan yang didapat dari *optocoupler*. Penggunaan *SCR* untuk mengatur *gate* *TRIAC* karena *gate* *SCR* mempunyai karakteristik yang lebih sensitif dari pada *gate* *TRIAC*. Antara bagian *input* dan *output* dipisahkan dengan menggunakan *optocoupler* dan dengan sinyal yang kecil, cukup untuk menyalakan diode saja, maka cukup untuk menggerakkan sebuah beban AC yang besar melalui *solid-state relay* (Zona Elektro, 2014).

2.5.4 Daerah Pengaktifan *Solid-State Relay*

Rangkaian kontrol merupakan rangkaian kontrol biasa, seperti pada umumnya. Fungsi logika AND, pada blok diagram rangkaian *internal SSR*, dibangun dari dua buah transistor Q1 dan Q2 yang bekerja untuk menghasilkan logika *inverted NOR*. Q1 akan melakukan ‘*clamps*’ jika *optocoupler* OC1 dalam keadaan *off*. Q2 akan melakukan ‘*clamps*’ jika tegangan bagi antara R4 dan R5 cukup untuk mengaktifkan transistor Q2. Sehingga Q2 akan melakukan *clamp* pada SCR jika tegangan anode SCR lebih dari 5 volt.

Jika OC1 ‘*ON*’ maka Q1 akan *OFF* sehingga Q1 tidak melakukan *clamp* pada SCR. SCR akan aktif jika Q2 juga dalam kondisi *OFF*. Kondisi ini terjadi pada saat terjadinya *zero crossing*. Penambahan kapasitor C2 bertujuan untuk menghindari kemungkinan SCR di *trigger* berulang-ulang. C1 berguna untuk menyediakan arus yang cukup untuk sumber tegangan sementara pada saat terjadinya ‘*firing*’ pada *gate* SCR, selain itu C1 juga berfungsi untuk menghindari kondisi ditriggernya *gate* SCR berulang-ulang.

Penambahan C1 dan C2 akan menghindari *trigger* SCR pada saat tegangan anode SCR turun (*down slope*), kondisi ini memang tidak diharapkan. Komponen D2 akan memperbolehkan *gate* SCR di-*reverse* bias untuk menghasilkan kekebalan terhadap *noise*. D1 berfungsi untuk melindungi tegangan *input* yang berlebihan di atas rating tegangan *optocoupler* OC1. Komponen SCR yang digunakan, jika ingin

membangun sebuah SSR sendiri, adalah SCR dengan tipe 2N5064, 2N6240. TRIAC yang digunakan adalah 2N6343 dengan C11 sebesar 47nF dengan tegangan disesuaikan dengan rating tegangan aplikasi TRIAC dan diode yang mentrigger *gate* TRIAC ini harus 1N4004.

TRIAC merupakan komponen yang terdiri dari 2 buah SCR yang terpasang paralel tetapi terbalik. Kondisi ini menyebabkan timbulnya masalah pada beban induktif yaitu pada saat kondisi *turn-off* TRIAC. TRIAC harus mati pada saat setiap $\frac{1}{2}$ cycle yaitu pada saat tegangan jala-jala PLN mendekati nol volt. TRIAC harus melakukan *bloking* tegangan pada saat tegangan mulai mencapai 1-2 volt dalam keadaan tegangan *inverse*. Kejadian ini terjadi sekitar 30us pada *rate* frekuensi jala-jala 60Hz. Pada beban induktif TRIAC tidak sempat dalam kondisi benar-benar *off* untuk dapat ditrigger kembali. Kejadian ini akan menyebabkan TRIAC pada beban induktif tertentu akan menyebabkan TRIAC tidak dapat *off* dan kontrol tidak akan berfungsi untuk mengontrol TRIAC ini kecuali dengan jalan memutuskan aliran arus yang menuju terminal TRIAC ini secara manual.

Untuk menghindari kejadian seperti ini maka *output* sebuah *solid-state relay* harus ditambahkan sebuah rangkaian *snubber* jika *solid-state relay* ini digunakan untuk beban yang bersifat induktif (Zona Elektro, 2014).

Walaupun demikian dapat digunakan *solid-state relay* yang komponen *output* unitnya berupa SCR. SCR lebih mudah digunakan dalam mengontrol beban induktif, walaupun demikian untuk amannya sebuah sistem kontrol maka perlulah dipertimbangkan untuk diberikannya sebuah rangkaian *snubber* pula untuk beban induktif. Walaupun *solid-state relay* dengan SCR maupun TRIAC-nya yang membuat perlunya sedikit pertimbangan dalam pemberian rangkaian *snubber* pada beban induktif, *solid-state relay* secara umum lebih baik pada penggunaannya terutama untuk aplikasi yang membutuhkan isolasi antara *input* dan *output* yang baik. Pada aplikasi rangkaian tertentu yang membutuhkan kemampuan lebih *Solid State Relay (SSR) Relay* sebagai pilihan walaupun lebih mahal harga sebuah *solid state relay* dibanding *relay* mekanik.

2.6 Unit Power Supply

UPS adalah singkatan dari *Uninterruptible power supply* sebagai alat *back up* listrik ketika PC atau kehilangan energi dari sumber utamanya. UPS bekerja di antara komputer dan colokan listrik, dari colokan listrik yang di alirkan ke *Batray* yang berada pada UPS dan kemudian disimpan untuk kestabilan tegangan energi. Listrik yang disimpan pada *batray* akan dipakai ketika sumber energi utama listrik terputus.

2.6.1 *Type* UPS

Terdapat beberapa *type* UPS yang sering digunakan seperti :

1. Sps atau *stanby power system* berfungsi *memonitor* tenaga listrik yang masuk akan mengalirkan listrik ke dalam *mode bateray* (penyimpanan) saat terjadi masalah.
2. *On-line* UPS tidak mengalirkan listrik pada saat terjadi masalah yaitu ketika listrik mati maka UPS akan tetap mengalirkan listrik walaupun sumber utama tidak mati.

2.6.2 Fungsi Utama dari UPS

Terdapat beberapa fungsi UPS seperti :

1. Dapat memberikan energi listrik sementara ketika terjadi kegagalan daya pada listrik utama (PLN).
2. Memberikan kesempatan waktu yang cukup kepada kita untuk segera menghidupkan genset sebagai pengganti PLN.
3. Memberikan kesempatan waktu yang cukup kepada kita untuk segera melakukan *back up* data dan mengamankan *Operating System* (OS) dengan melakukan *shutdown* sesuai prosedur ketika listrik utama (PLN) padam.

4. Mengamankan *sistem* komputer dari gangguan-gangguan listrik yang dapat mengganggu sistem komputer baik berupa kerusakan *software*, data maupun kerusakan *hardware*.
5. UPS secara otomatis dapat melakukan stabilisasi tegangan ketika terjadi perubahan tegangan pada *input* sehingga tegangan *output* yang digunakan oleh *sistem* komputer berupa tegangan yang *stabil*.
6. UPS dapat melakukan diagnosa dan *management* terhadap dirinya sendiri sehingga memudahkan pengguna untuk mengantisipasi jika akan terjadi gangguan terhadap sistem.
7. *User friendly* dan mudah dalam instalasi.
8. *User* dapat melakukan kontrol UPS melalui Jaringan LAN dengan menambahkan beberapa *accessories* yang diperlukan.
9. Dapat diintegrasikan dengan jaringan Internet.
10. Notifikasi jika terjadi kegagalan dengan melakukan *setting software* UPS *management*.