

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

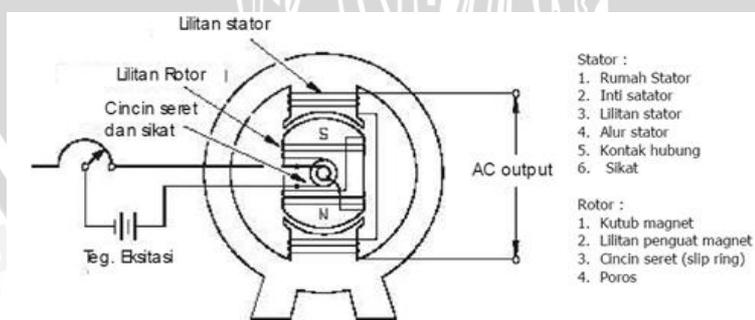
Dalam bab ini akan dijelaskan tinjauan pustaka yang akan digunakan untuk mendukung perancangan dan pembuatan *Electronic Load Controller* (ELC) untuk beban komplemen resistif, yang meliputi: generator sinkron, beban komplemen resistif, teori frekuensi, rangkaian *power line clock*, *converter* AC ke DC, mikrokontroler ATmega16, TRIAC, *optocoupler*, LCD.

### 2.1. Generator Sinkron

Generator sinkron merupakan generator yang bekerja secara sinkron, yaitu berarti frekuensi listrik yang dihasilkan oleh generator tersebut sinkron dengan putaran mekanisnya. Rotornya, yang diputar dengan penggerak mula, terdiri dari belitan medan dengan suplai arus searah yang menghasilkan medan magnet putar dengan kecepatan dan arah putar yang sama dengan putaran rotor tersebut. Hubungan antara medan magnet dalam mesin dengan frekuensi listrik dalam stator ditunjukkan dalam Persamaan (2.1) (Fitzgerald, 2003).

$$f = \frac{n_s \cdot p}{120} \dots\dots\dots (2.1)$$

di mana :  $f$  = frekuensi stator (Hz)  
 $n_s$  = kecepatan putar medan magnet atau kecepatan putar rotor (rpm)  
 $p$  = jumlah kutub.



Gambar 2.1 Konstruksi generator sinkron  
(Sumber: <http://wahabxxxx.files.com>)

Generator sinkron seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.1, menggunakan sumber tegangan DC untuk menimbulkan medan magnet yang diperlukan untuk menghasilkan

tegangan dalam sisi keluaran generator. Oleh karena itu, penguatan medan dari generator tidak tergantung dalam jaringan listrik sehingga ideal untuk sistem pembangkitan yang berdiri sendiri.

Prinsip kerja dari generator sinkron adalah sebagai berikut:

1. Kumparan medan yang terdapat dalam rotor dihubungkan dengan sumber eksitasi tertentu yang akan menyuplai arus searah yang mengalir melalui kumparan medan maka akan menimbulkan fluks yang besarnya tetap terhadap waktu.
2. Penggerak mula (*prime mover*) yang sudah terkopel dengan rotor segera dioperasikan sehingga rotor akan berputar dalam kecepatan nominalnya.
3. Perputaran rotor tersebut sekaligus akan memutar medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan medan. Medan putar yang dihasilkan dalam rotor, akan diinduksikan dalam kumparan jangkar sehingga dalam kumparan jangkar yang terletak di stator akan dihasilkan fluks magnetik yang besarnya berubah – ubah terhadap waktu. Adanya perubahan fluks magnetik yang melingkupi suatu kumparan akan menimbulkan ggl induksi dalam ujung – ujung kumparan tersebut.

Dengan memutar generator sinkron dalam kecepatan sinkron dan rotor diberi arus medan ( $I_f$ ), maka tegangan ( $E_0$ ) akan terinduksi dalam kumparan jangkar stator, sesuai Persamaan (2.2) (Zuhail,1991).

$$E_0 = c . n . \emptyset \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan : c = konstanta mesin  
n = putaran sinkron  
 $\emptyset$  = fluks yang dihasilkan  $I_f$ .

Dalam keadaan berbeban, arus jangkar akan mengalir dan mengakibatkan terjadinya reaksi jangkar. Reaksi jangkar itu bersifat reaktif dan dikenal juga dengan reaktansi pemagnet ( $X_m$ ). Reaktansi pemagnet ini bersama – sama dengan reaktansi fluks bocor ( $X_a$ ) disebut reaktansi sinkron ( $X_s$ ).

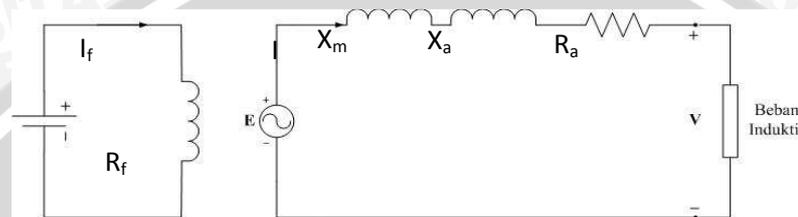
Reaksi jangkar ini menimbulkan rugi tegangan yang nilainya dapat dinyatakan dengan Persamaan (2.3) dan (2.4) (Zuhail, 1991).

$$E = V_{rugi} + V \dots\dots\dots (2.3)$$

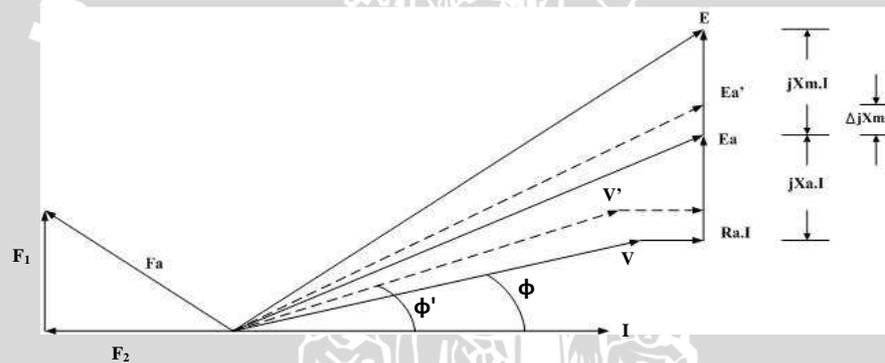
$$V_{rugi} = R_a . I + j(X_m . I + X_a . I) \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan :  $E$  = gaya gerak listrik  
 $V$  = tegangan terminal  
 $R_a$  = resistansi jangkar  
 $X_a$  = reaktansi fluks bocor  
 $X_m$  = reaktansi pemagnet

Rangkaian pengganti generator sinkron dengan beban induktif dan diagram fasornya ditunjukkan dalam Gambar (2.2) dan (2.3) (Zuhal,1991).



Gambar 2.2 Rangkaian pengganti generator sinkron dengan beban induktif (Sumber: Zuhal, 1991: 53)

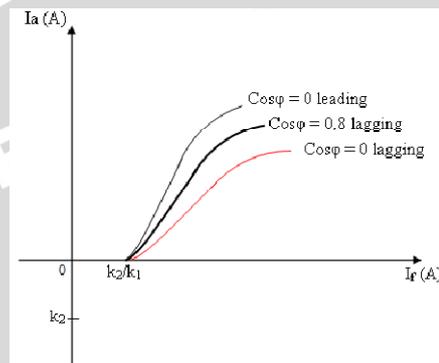


Gambar 2.3 Diagram fasor generator sinkron dengan beban induktif (Sumber: Zuhal, 1991: 55)

$E$  merupakan gaya gerak listrik yang dihasilkan gaya gerak magnet  $F_2$ .  $E_a$  merupakan gaya gerak listrik yang dihasilkan oleh gaya gerak magnet  $F_a$ . Adanya kenaikan daya beban yang dalam hal ini juga kenaikan arus beban  $I$  menyebabkan reaksi jangkar dengan gaya gerak magnet  $F_1$ .

$V$  adalah tegangan terminal dan  $I$  adalah arus beban yang mengalir dalam stator. Disebabkan oleh adanya reaksi jangkar, harga  $X_m$  tidak konstan tetapi berubah sesuai dengan perubahan beban. Untuk mendapatkan nilai  $E$  yang konstan,  $F_2$  harus dibuat konstan. Jika arus beban  $I$  bertambah, reaksi jangkar  $F_1$  bertambah dan vektor  $F_a$  menjadi lebih kecil. Dengan sendirinya  $E_a$  menjadi lebih kecil, demikian pula  $V$ . Penurunan  $E_a$  ini mengakibatkan turunnya putaran dan frekuensi generator sesuai Persamaan (2.2) dan (2.1).

Ada tiga macam sifat beban yang terhubung dengan generator, yaitu beban resistif, beban induktif, dan beban kapasitif. Akibat pembebanan ini akan berpengaruh terhadap tegangan beban dan faktor dayanya. Gambar 6.3 menunjukkan jika beban generator bersifat resistif mengakibatkan penurunan tegangan yang relatif kecil dengan faktor daya sama dengan satu. Jika beban generator bersifat induktif, terjadi penurunan tegangan yang cukup besar dengan faktor daya tertinggal (*lagging*). Sebaliknya, jika beban generator bersifat kapasitif akan terjadi kenaikan tegangan yang cukup besar dengan faktor daya mendahului (*leading*).



Gambar 2.4 Karakteristik generator sinkron berbeban  
(Sumber: <http://repository.usu.ac.id/bitstream>)

## 2.2. Beban Komplemen Resistif

Beban komplemen yang digunakan dalam perancangan ELC ini adalah jenis beban yang termasuk beban resistif. Beban jenis resistif ini bersifat statik dengan nilai resistansi dan disipasi daya yang tetap. Beban komplemen jenis resistif biasanya berupa kawat nikelin atau lampu pijar. Penggunaan kawat nikelin memiliki kekurangan dibandingkan dengan lampu pijar, yaitu dari segi biaya yang lebih mahal dibandingkan dengan lampu pijar. Pertimbangan lain yang perlu diperhitungkan adalah dimensi kawat nikelin tersebut, disesuaikan dengan nilai resistansi yang diperlukan. Penggunaan lampu pijar lebih dipilih karena lebih praktis, juga dapat dipergunakan sebagai penerangan.

## 2.3 Teori Frekuensi

Frekuensi adalah ukuran jumlah putaran ulang per peristiwa dalam selang waktu yang diberikan, sementara frekuensi gelombang yang berulang adalah jumlah siklus tiap gelombang yang terjadi tiap satuan waktu. Untuk memperhitungkan frekuensi, seseorang menetapkan jarak waktu, menghitung jumlah kejadian peristiwa, dan membagi hitungan ini dengan panjang jarak waktu. Hasil perhitungan ini dinyatakan dalam satuan hertz (Hz) yaitu nama pakar fisika Jerman Heinrich Rudolf Hertz yang menemukan fenomena ini pertama kali. Frekuensi sebesar 1 Hz menyatakan peristiwa

yang terjadi satu kali per detik atau sama dengan satu siklus per detik. Misalnya terdapat tegangan dengan frekuensi 400 Hz, maka ada 400 siklus yang terjadi tiap detik. (Mike Tooley, 2006:69). Hubungan tegangan sebagai fungsi waktu ditunjukkan dalam Persamaan (2.5).

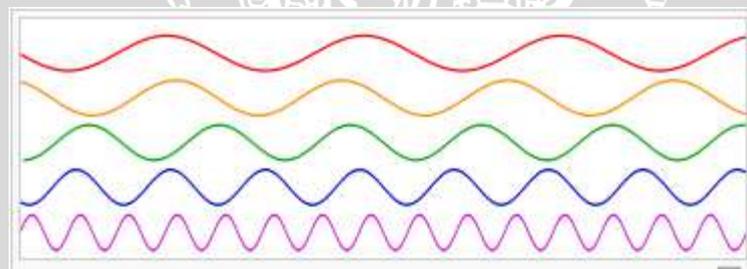
$$v = V_{\max} \sin (2\pi f t) \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan:  $v$  : tegangan sesaat  
 $V_{\max}$  : tegangan maksimum  
 $f$  : frekuensi (Hz)  
 $t$  : waktu (s)

Frekuensi berbanding berbalik dengan periode. Periode adalah waktu yang dibutuhkan untuk satu siklus gelombang penuh. Satuan periode adalah waktu (s). Sehingga didapatkan hubungan antar frekuensi ( $f$ ) dengan waktu ( $t$ ) ditunjukkan dalam Persamaan (2.6) (Mike Tooley, 2006:70).

$$f = \frac{1}{t} \dots\dots\dots (2.6)$$

Gambar 2.5. menunjukkan pola sinyal sinusoida dengan berbagai macam frekuensi. Semakin ke bawah semakin tinggi frekuensinya.



Gambar 2.5. Gelombang Sinusoida dengan Beberapa Macam Frekuensi  
 (Sumber: Mike Tooley, 2006: 71)

### 2.3.1 Frekuensi kerja generator AC PLTMH

Generator sinkron dalam PLTMH menggunakan frekuensi yang sama dengan sistem tenaga listrik di Indonesia, yaitu  $\pm 50\text{Hz}$ . (www.kropla.com)

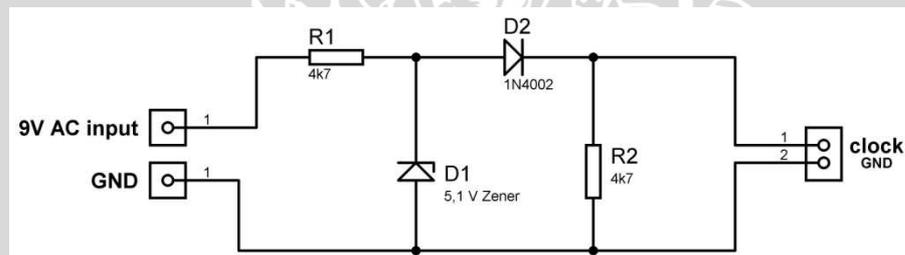
Hal ini disebabkan karena para produsen generator maupun turbin tentunya mempunyai batasan dan tentunya setelah para produsen bereksperimen puluhan tahun dengan mempertimbangkan segala sudut teknis maka dibuatlah standar yang 50 hz dan 60 hz itu, yg tentunya dinilai cukup efektif untuk kestabilan beban dan effisien dari sisi teknis maupun ekonomis. Eropa menggunakan 50 hz dan Amerika menggunakan 60 hz. Setelah adanya standarisasi maka semua peralatan listrik di desain mengikuti ketentuan

ini. Jadi logikanya kalau 50 hz atau 60 hz saja sudah mampu membuat lampu tidak kelihatan kedap-kedip untuk apalagi dibuat frekwensi lebih tinggi yg akan memerlukan turbin super kencang dan sumber energi lebih banyak sehingga tidak efisien.( dunia-listrik.blogspot.com)

#### 2.4. Power Line to 50 Hz Clock

Frekuensi 50Hz merupakan frekuensi listrik umum yang digunakan di Indonesia. Frekuensi tersebut dijaga agar tetap stabil sebesar 50 Hz, meski ada nilai toleransinya. Di tempat yang selalu tersedia daya AC seperti Indonesia, *clock* yang memakai frekuensi jala-jala 50Hz selalu akurat dalam waktu lama.

Rangkaian berikut merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengambil frekuensi jala – jala 50Hz. Keluaran rangkaian ini merupan tegangan  $\frac{1}{2}$  gelombang dengan frekuensi 50 Hz untuk masukan mikrokontroler. Diagram rangkaian *power line clock* ditunjukkan dalam Gambar 2.6. Persamaan keluaran sebagai fungsi masukan ditunjukkan dalam Persamaan (2.7).



Gambar 2.6 Rangkaian *Power Line Clock*  
(Sumber: Maxim, 2003: 1)

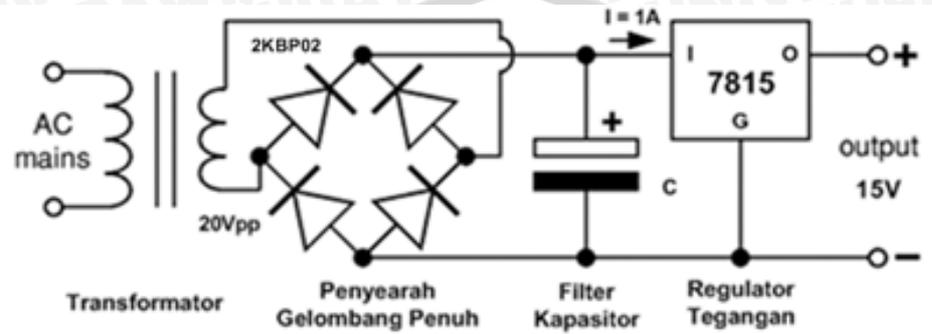
Keluaran rangkaian diambil ketika masukan siklus positif saja, yang persamaannya ditunjukkan dalam Persamaan (2.7)

$$V_{clock} = V_{D1} - V_{D2} \dots\dots\dots (2.7)$$

- Dengan:
- $V_{clock}$  : keluaran rangkaian
  - $V_{D1}$  : tegangan dioda 1
  - $V_{D2}$  : tegangan dioda 2

## 2.5. Konverter AC ke DC

Perangkat elektronika mestinya dicatu oleh suplai arus searah DC (*direct current*) yang stabil agar dapat bekerja dengan baik. Sumber catu daya yang besar adalah sumber bolak-balik AC (*alternating current*) dari PLN. Untuk itu diperlukan suatu konverter yang dapat mengubah arus AC menjadi DC. Gambar 2.7 menunjukkan rangkaian konverter AC ke DC.



Gambar 2.7 Rangkaian Konverter AC ke DC  
(Sumber: Kuphaldt, 2007: 25)

Konverter AC ke DC terdiri atas sebuah transformator, penyearah gelombang penuh, filter kapasitor, dan sebuah IC regulator. Transformator digunakan untuk menurunkan tegangan AC ke level 9Vpp. Rangkaian penyearah gelombang penuh berfungsi untuk merubah arus bolak-balik AC menjadi arus searah DC. Kapasitor digunakan untuk mengurangi besarnya tegangan ripple.

Tegangan DC keluaran regulator sebesar 5V (IC 7815 diganti menjadi IC 7805). Frekuensi gelombang AC yang keluar dari penyearah gelombang penuh adalah dua kali frekuensi jala-jala PLN ( $2 \times 50\text{Hz}$ ) yaitu 100Hz. Tegangan ripple ( $V_r$ ) yang terjadi sebesar :

$$V_r = \frac{I}{(f.C)} \dots\dots\dots (2.8)$$

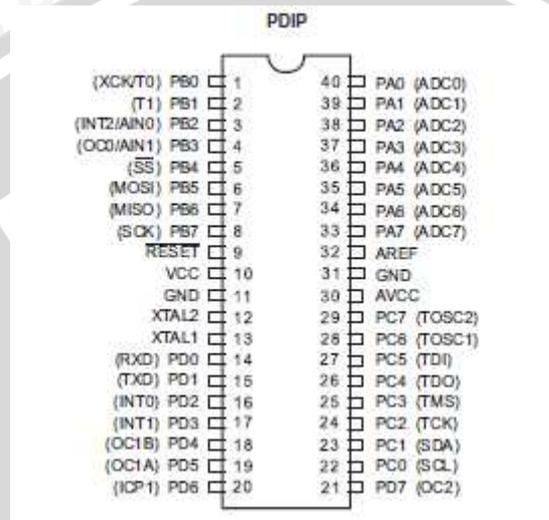
## 2.6. Mikrokontroler ATmega16

Mikrokontroler ATmega16 merupakan IC yang berorientasi dalam kontrol 8 bit yang dapat diprogram ulang dengan daya rendah. Mikrokontroler ini dalam satu siklus waktu mampu mengeksekusi instruksi hingga 1 MIPS per MHz. Mikrokontroler ATmega16 mempunyai karakteristik utama sebagai berikut :

- Mikrokontroler 8 bit dengan performansi tinggi dan daya rendah.
- Sistem self-programable flash 16 Kbyte.
- EEPROM sebesar 512 Byte, dan 1KByte SRAM internal.
- 32 saluran I/O dan 32x8 general purpose register.

- Dua timer/counter 8 bit dengan prescaler terpisah, satu mode pembandingan.
- Satu timer/counter 16 bit dengan prescaler terpisah, mode pembandingan (compare mode) dan perekam (capture).
- Internal dan eksternal *interrupt*.
- Delapan PIN ADC dengan ketepatan sebesar 10 bit.
- USART (Universal Synchronous and Asynchronous Receiver Transmitter).

Konfigurasi PIN mikrokontroler ATmega16 ditunjukkan dalam Gambar 6.11.



Gambar 2.8. Konfigurasi PIN ATmega16  
(Sumber: Atmel, 2006:2)

### 2.6.1 Sistem Interrupt

Mikrokontroler ATmega16 memiliki 21 alamat vektor interrupt. Nomor urut dari vektor interrupt menyatakan prioritas dari interrupt tersebut. Alamat vektor interrupt dari mikrokontroler ATmega16 ditunjukkan dalam Tabel 6.1.

Tabel 2.1. Alamat Vektor *Interrupt* dari ATMega16

Vector No.	Program Address	Source	Interrupt Definition
1	0x0000	RESET	External PIN, Power-on Reset, Brown-out Reset, and Watchdog Reset, JTAG AVR Reset
2	0x0001	INT0	External Interrupt Request 0
3	0x0002	INT1	External Interrupt Request 1
4	0x0003	TIMER2 COMP	Timer/Counter2 Compare Match
5	0x0004	TIMER2 OVF	Timer/Counter2 Overflow
6	0x0005	TIMER1 CAPT	Timer/Counter1 Capture Event
7	0x0006	TIMER1 COMPA	Timer/Counter1 Compare Match A
8	0x0007	TIMER1 COMPB	Timer/Counter1 Compare Match B
9	0x0008	TIMER1 OVF	Timer/Counter1 Overflow
10	0x0009	TIMER0 OVF	Timer/Counter0 Overflow
11	0x000A	SPI, STC	Serial Transfer Complete
12	0x000B	USART, RXC	USART, Rx Complete
13	0x000C	USART, UDRE	USART Data Register Empty
14	0x000D	USART, TXC	USART, Tx Complete
15	0x000E	ADC	ADC Conversion Complete
16	0x000F	EE_RDY	EEPROM Ready
17	0x0010	ANA_COMP	Analog Comparator
18	0x0011	TWI	Two-wire Serial Interface
19	0x0012	INT2	External Interrupt Request 2
20	0x0013	TIMER0 COMP	Timer/Counter0 Compare Match
21	0x0014	SPM_RDY	Store Program Memory Ready

(Sumber: Atmel, 2006:46)

### 2.6.2 PWM(Pulse Width Modulation)

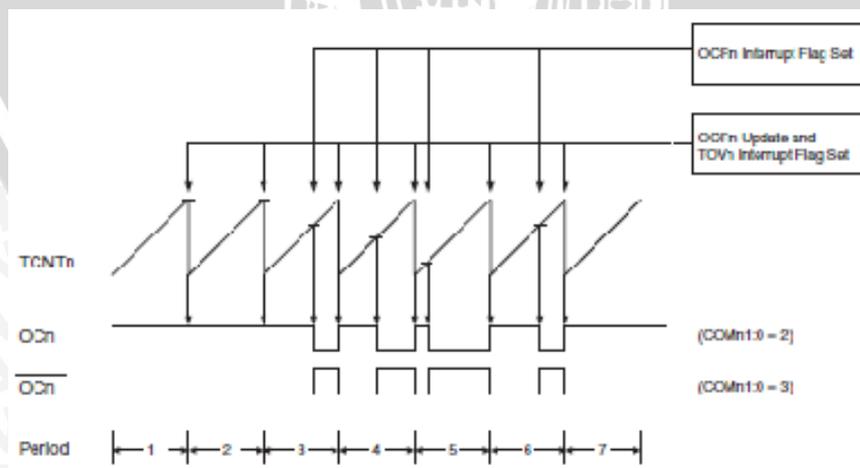
Mikrokontroler ATMega16 dilengkapi dengan fasilitas pulse width modulator (PWM), digunakan timer/counter0 dengan fitur sebagai berikut :

- Penghitung Unit Pembanding Tunggal
- Menghapus pewaktu saat mencocokkan sekaligus membandingkan (pengisi kembali otomatis)
- Bebas error, modulator lebar pulsa (PWM) dilengkapi korektor fasa
- Generator frekuensi

- Penghitung *event* eksternal
- Prescaler *clock* 10 bit
- Sumber – sumber *interrupt* dalam *overflow* dan pencocok - pembanding

Digunakan fitur fast PWM mode (WGM01:0 = 3), yaitu yang dapat menunjang pilihan pembangkitan frekuensi tinggi. Fast PWM berbeda dari PWM lain dalam sisi operasi *slope* tunggalnya. Penghitungan dimulai dari minimum ke maksimum kemudian mulai kembali dari minimum. Dalam mode pembanding keluaran *non-inverting*, pemabnding keluaran (OC0) dihapus isinya saat pembanding-pencocok antara TCNT0 dan OCR0, dan di-set dalam minimum. Dalam mode pembanding keluaran *inverting*, keluaran di-set dalam pencocok-pembanding dan *clear* saat minimum. Disebabkan kerja *slope* tunggal, frekuensi kerja mode *fast PWM* bisa sebesar dua kali seperti dalam PWM dengan korektor fasa menggunakan kerja *slope* ganda. Frekuensi tinggi ini membuat mode *fast PWM* sangat cocok untuk regulasi daya, penyearahan, dan aplikasi DAC. Frekuensi tinggi membuat komponen eksternal berukuran kecil (koil, kapasitor), sehingga mengurangi biaya sistem total.

Dalam mode *fast PWM*, terjadi penambahan hitungan dalam penghitung sampai nilainya cocok dengan nilai maksimum. Kemudian isi penghitungnya dikosongkan dalam siklus *clock* pewaktu berikutnya. Timing diagram untuk mode *fast PWM* ditunjukkan dalam gambar. Nilai TCNT0 dalam timing diagram ditunjukkan sebagai histogram untuk menggambarkan kerja *slope* tunggal. Diagram ini memuat keluaran secara *inverting* dan *non-inverting*. Tanda garis kecil mendatar dalam *slope* menggambarkan perbandingan-pencocokan antara OCR0 dan TCNT0.



Gambar 2.9. *Timing Diagram* mode fast PWM  
(Sumber: Atmel, 2006:123)

Flag Overflow dalam Timer/Counter (TOV0) diset setiap kali penghitung mencapai maksimum. Jika *interrupt* diaktifkan, maka rutin penanganan *interrupt* bisa digunakan untuk memperbarui nilai perbandingan. Dalam mode *fast PWM*, unit pembanding menimbulkan pengeluaran gelombang dalam pin OC0. Mengatur bit COM01:0 ke 2 akan menghasilkan PWM non-inverting dan keluaran PWM secara inverting bisa dibuat dengan mengisi COM01:0 menjadi 3. Nilai asli OC0 hanya akan terlihat dalam pin *port* jika arah data untuk pin *port* di atur menjadi output. Gelombang PWM dihasilkan oleh pengaturan(pengosongan) register OC0 dalam pembandingan antara OCR0 dan TCNT0, dan pengosongan(atau pengaturan) register OC0 dalam siklus *clock* pewaktu yang penghitungannya dikosongkan (berubah dari maksimum ke minimum). Frekuensi keluaran *PWM* ditunjukkan dalam persamaan (2.10).

$$f_{OCnPWM} = \frac{f_{clk\_I/O}}{N \cdot 256} \dots \dots \dots (2.10)$$

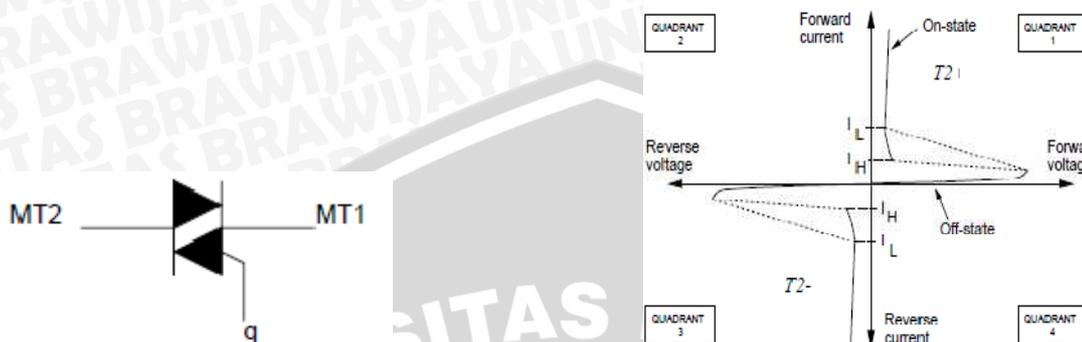
Variabel N merupakan faktor *prescaler* (1,8,64,256, atau 1024). Nilai ekstrim dalam register OCR0 merupakan kondisi tertentu saat membuat gelombang PWM dalam keluaran dalam mode *fast PWM*. Jika OCR0 diatur sama dengan minimal, maka keluarannya akan lebih memuncak untuk setiap siklus maksimum+1 *clock* pewaktu. Mengatur OCR0 sama dengan nilai maksimum akan menghasilkan keluaran *high* atau *low* secara konstan (tergantung polaritas keluaran yang diatur oleh bit dalam COM01:0).

## 2.7. TRIAC

TRIAC adalah komponen elektronika yang berfungsi seperti konduktor AC, yang diumpamakan seperti dua thyristor yang dihubungkan secara anti-paralel yang dihubungkan secara monolitik dalam satu *silicon chip*. TRIAC bekerja seperti thyristor yang *bidirectional* (dua arah), positif maupun negatif, aktif ketika gate dipicu muatan positif maupun negatif.(Philips Semiconductor)

TRIAC dalam dasarnya merupakan komponen dua arah,karena itulah terminalnya bukan lagi disebut anoda/katoda tetapi diganti dengan MT1/MT2. Jika tegangan terminal MT2 lebih positif dari terminal MT1, TRIAC dipicu dengan memberikan sinyal dalam *gate* dan terminal MT1. Bila terminal MT2 lebih negatif dari terminal MT1 maka pemicuan dilakukan dengan memberikan sinyal pulsa negatif dalam *gate* dan terminal MT1. Tanpa memperhatikan polaritasnya maupun dalam *gate*, TRIAC

akan aktif dengan sinyal positif maupun negatif. Dalam praktek, umumnya TRIAC dioperasikan dalam kuadran I<sup>+</sup> (tegangan dan arus gate positif) dan III<sup>-</sup> (tegangan dan arus gate negatif). Simbol dan karakteristik TRIAC ditunjukkan dalam Gambar 2.9.



Gambar 2.10. Simbol dan karakteristik  $v - i$  TRIAC  
(Sumber: Philips Semiconductor, 1997:11)

## 2.8 Optocoupler

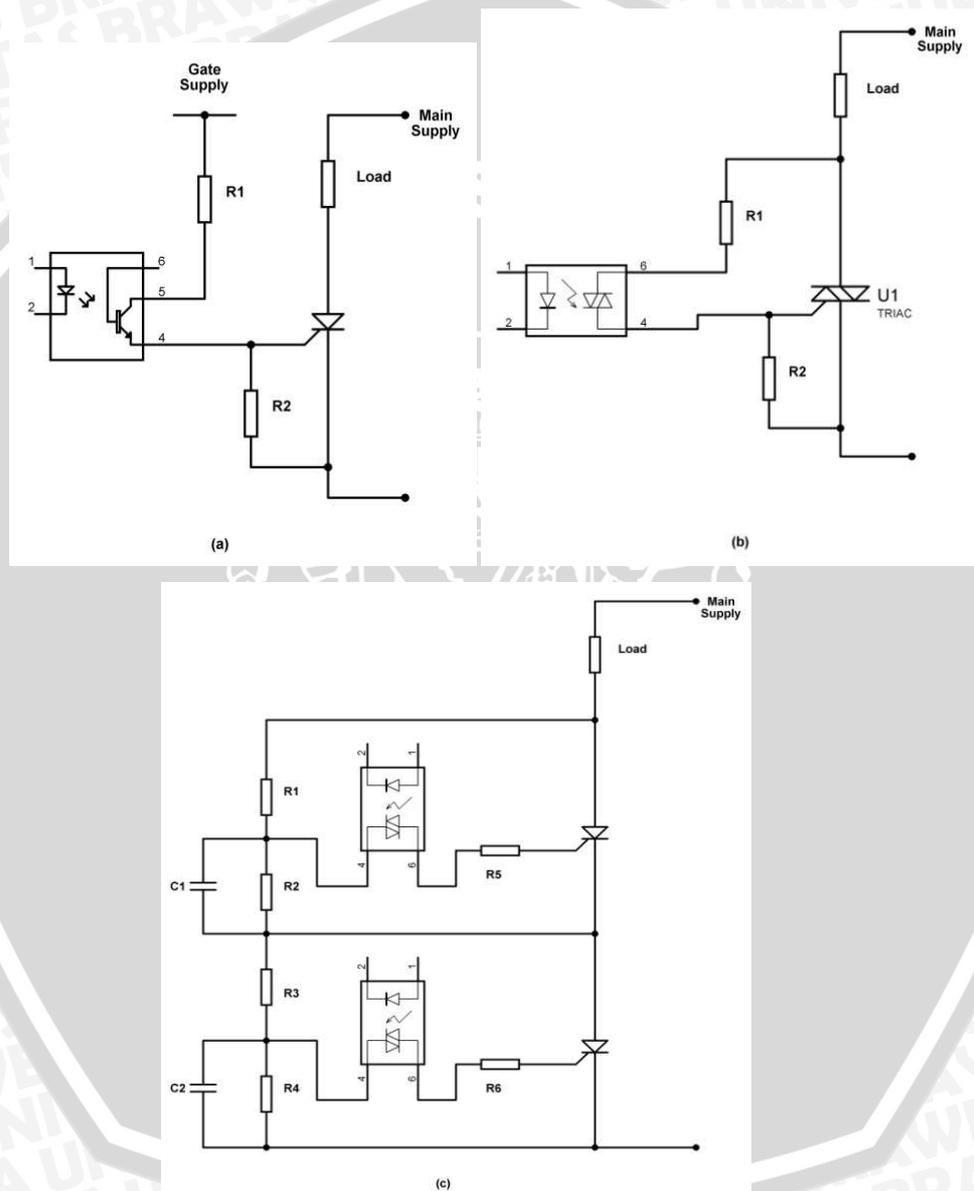
Komponen yang digunakan untuk mengisolasi komponen elektronika daya dengan rangkaian berdaya rendah yang sebagai rangkaian pengontrol salah satunya adalah *optocoupler*. Sering kali ditemukan rangkaian elektronika daya orde megawatt dikontrol hanya dengan rangkaian beberapa watt. *Optocoupler* berfungsi sebagai pengisolasi sinyal listrik antara rangkaian sinyal masukan dan keluaran (Mazda, 1997:82). Optocoupler merupakan alat yang dipakai untuk mengkopel cahaya dari suatu sumber ke detektor tanpa adanya perantara, sehingga piranti ini disebut dengan *optoisolator/optocoupler*.

*Optocoupler* terbuat dari kombinasi dari sumber cahaya dan pendeteksi cahaya yang tergabung dalam satu kemasan. *Light Emitting Diode* atau LED seringkali digunakan sebagai sumber cahaya, dengan berbagai komponen semikonduktor sebagai detektor cahaya. Kaca atau plastik digunakan sebagai pemisah antara sumber cahaya dan detektor, sehingga memungkinkan untuk ditempatkan dalam tempat yang berdekatan.

Dalam prinsipnya, sinyal listrik dalam bentuk arus dalam masukan diubah menjadi sinyal optik dengan menggunakan sumber cahaya LED. Sinyal optik tersebut akan diterima oleh detektor untuk diubah kembali menjadi sinyal listrik. Umumnya *optocoupler* dipakai untuk mengisolasi sinyal listrik yang ada dalam rangkaian masukan dan keluaran sehingga dapat digunakan transmisi sinyal antar rangkaian.

Gambar 2.10 menunjukkan beberapa contoh penggunaan dari *optocoupler*. Rangkaian *thyristor* dengan catu daya terpisah ditunjukkan dalam Gambar 2.10(a). Rangkaian dalam Gambar 2.10(b) tidak memerlukan catu daya dalam *gate* yang terpisah, karena diambil dari

sumber yang sama dengan beban, namun bagian detektor optik dalam rangkaian keluaran akan menerima tegangan penuh dari sumber utama ketika tidak konduksi, sehingga *rating* tegangan dari komponen perlu diperhatikan (Mazda, 1997:85). Beberapa *optocoupler* dilengkapi komponen *zero crossing detector* yang tergabung menjadi satu paket sehingga komponen elektronika daya TRIAC mampu disaklar dalam titik zero crossing sumber tegangan AC guna meminimalisasi interferensi gelombang radio.



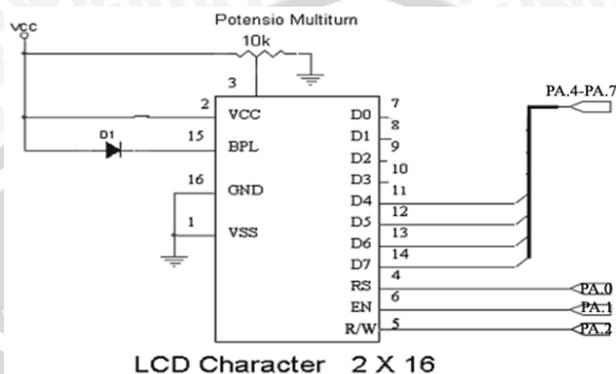
Gambar 2.11. Contoh rangkaian aplikasi penggunaan optocoupler

- Thyristor dengan catu daya terpisah
- TRIAC dan beban dengan catu daya sama
- TRIAC dengan konfigurasi seri

(Sumber: Mazda, 1997)

## 2.9 Liquid Crystal Display (LCD)

*Liquid Crystal Display* (LCD) merupakan komponen elektronika yang digunakan untuk menampilkan karakter baik berupa karakter angka, huruf, atau karakter lainnya, sehingga tampilan tersebut dapat dilihat secara visual. Gambar 2.12 menunjukkan rangkaian *interface* ke LCD Karakter 4X16. dan Tabel 2.2 menunjukkan PIN-PIN I/O LCD.



Gambar 2.12. Rangkaian *Interface* ke LCD Karakter 2X16  
(Sumber: Manual book LCD 16x2)

Tabel 2.2. Tabel I/O LCD

No	Simbol	Level	Fungsi
1	V <sub>ss</sub>		GND
2	V <sub>cc</sub>		5 volt
3	V <sub>ee</sub>		Power Supply LCD Drive
4	RS	H/L	H: Data Input L: Ins Input
5	RW	H/L	H: Read L: Write
6	E	H	Enable Signal
7	DB0	H/L	
8	DB1	H/L	
9	DB2	H/L	
10	DB3	H/L	
11	DB4	H/L	
12	DB5	H/L	
13	DB6	H/L	
14	DB7	H/L	Data Bus
15	V+BL		4 – 4.2 volt
16	V-BL		Power Supply GND

(Sumber: Manual book LCD 16x2)

Dalam perancangan sistem ini memakai LCD modul M1632 yang merupakan sebuah modul LCD dot matrik yang membutuhkan daya kecil. LCD modul M1632 dilengkapi panel LCD dengan tingkat kontras yang cukup tinggi serta pengendali LCD CMOS yang telah terpasang dalam modul tersebut. LCD modul M1632 mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

- Memiliki 16 karakter dan 2 baris tampilan yang terdiri atas 5 X 7 dot matrik ditambah dengan kursor.
- Memerlukan catu daya DC 5 V.
- Otomatis reset saat catu daya dinyalakan.
- Memiliki data RAM (max 80 karakter) dengan 80 X 8 display
- Menggunakan 4 bit data dan 3 bit kontrol.

