

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

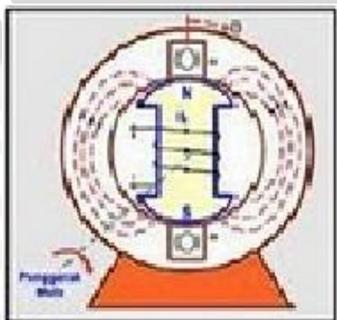
2.1 Genset

Genset atau generator-set adalah pembangkit daya listrik yang biasa digunakan konsumen listrik PLN untuk memenuhi kebutuhan listrik bilamana distribusi listrik PLN mengalami pemadaman. Bahan bakar motor penggerak genset berdaya rendah (dibawah 3 kVA) umumnya menggunakan bensin.

Rotor generator diputar oleh *prime mover* (penggerak mula) menghasilkan medan magnet berputar pada mesin. Medan magnet putar ini menginduksi tegangan pada kumparan stator generator. Tegangan pada kumparan stator adalah tegangan keluaran dari generator. (Muchsin, 2000: 2)

2.2 Generator Sinkron

Generator sinkron merupakan mesin listrik arus bolak balik yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik arus bolak-balik. Energi mekanik diperoleh dari penggerak mula (*prime mover*) yang terkopel dengan rotor generator, sedangkan konversi energi listrik diperoleh dari proses induksi elektromagnetik yang melibatkan kumparan rotor dan kumparan stator. Mesin listrik arus bolak-balik ini disebut sinkron karena rotor berputar secara sinkron atau berputar dengan kecepatan yang sama dengan kecepatan medan magnet putar. Gambar 2.1 menunjukkan konstruksi generator sinkron 1 fasa.



Gambar 2.1 Konstruksi generator sinkron satu fasa

Sumber : Sumanto, 1996 : 5

Hubungan antara nilai putaran medan magnet dengan frekuensi listrik stator didalam adalah: (Chapman, 2005 : 272)

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

dengan :

f : frekuensi stator (Hz)

n_s : kecepatan putar sinkron medan magnet atau kecepatan putar sinkron rotor (rpm)

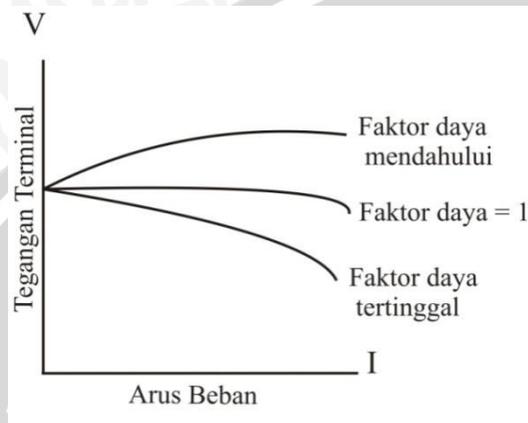
p : jumlah kutub

Prinsip kerja dari generator sinkron adalah sebagai berikut: (Fitzgerald, 2003 : 255)

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

Ada tiga jenis karakteristik 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 2.2 menunjukkan jika beban generator bersifat resistif mengakibatkan penurunan

tegangan relatif kecil dengan faktor daya sama dengan satu. Jika beban generator bersifat induktif terjadi penurunan tegangan yang cukup besar dengan faktor daya terbelakang (*lagging*). Sebaliknya, jika beban generator bersifat kapasitif akan terjadi kenaikan tegangan yang cukup besar dengan faktor daya mendahului (*leading*).



Gambar 2.2 Karakteristik generator sinkron berbeban

Sumber: Zuhail, 1991 : 101

2.2.1 Generator sinkron tanpa beban

Dengan memutar generator sinkron pada kecepatan sinkron dan rotor diberi arus medan (I_F), maka tegangan (E_a) akan terinduksi pada kumparan jangkar stator. Bentuk hubungannya diperlihatkan pada Persamaan 2.2 berikut. (Chapman, 2005 : 272)

$$E_a = c \cdot n \cdot \phi \tag{2.2}$$

dengan:

c : konstanta mesin

n : putaran sinkron

ϕ : fluks yang dihasilkan oleh I_F

Dalam keadaan tanpa beban arus jangkar tidak mengalir pada stator, karenanya tidak terdapat pengaruh reaksi jangkar. Fluks hanya dihasilkan oleh arus medan (I_F).

2.2.2 Generator Sinkron Berbeban

Dalam keadaan berbeban arus jangkar akan mengalir dan mengakibatkan terjadinya reaksi jangkar. Reaksi jangkar bersifat reaktif karena itu dinyatakan sebagai reaktansi, dan disebut reaktansi magnetisasi (X_m). Reaktansi pemagnet (X_m) ini bersama-sama dengan reaktansi fluks bocor (X_a) dikenal sebagai reaktansi sinkron (X_s). Persamaan tegangan pada generator ditunjukkan pada persamaan 2.3. (Zuhal, 1991: 95)

$$E_a = V + I.R_a + j I.X_s \quad (2.3)$$

$$X_s = X_m + X_a \quad (2.4)$$

dengan :

E_a : tegangan induksi pada jangkar

V : tegangan terminal output

R_a : resistansi jangkar

X_s : reaktansi sinkron

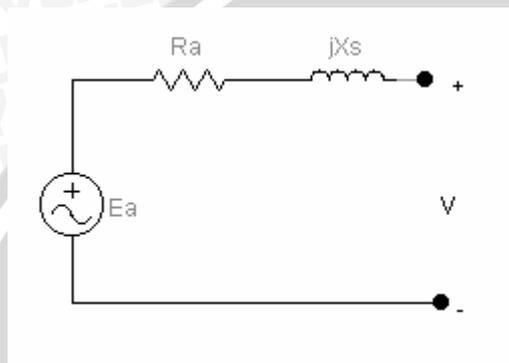
2.2.3 Rangkaian Ekuivalen Generator Sinkron

Tegangan induksi E_a dibangkitkan pada fasa generator sinkron. Tegangan ini biasanya tidak sama dengan tegangan yang muncul pada terminal generator. Tegangan induksi sama dengan tegangan output terminal hanya ketika tidak ada arus jangkar yang mengalir pada mesin. Beberapa faktor yang menyebabkan perbedaan antara tegangan induksi dengan tegangan terminal adalah:

1. Distorsi medan magnet pada celah udara oleh mengalirnya arus pada stator, disebut reaksi jangkar.

2. Induktansi sendiri kumparan jangkar.
3. Resistansi kumparan jangkar.
4. Efek permukaan rotor kutub sepatu.

Rangkaian ekuivalen generator sinkron perfasa ditunjukkan pada Gambar 2.3 di bawah ini.

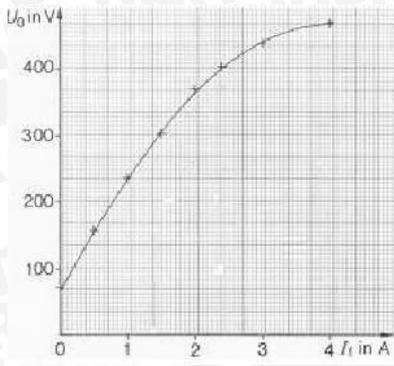


Gambar 2.3 Rangkaian ekuivalen generator sinkron perfasa

Sumber : Muschsin, 2000 : 6

2.2.4 Menentukan Parameter Generator Sinkron

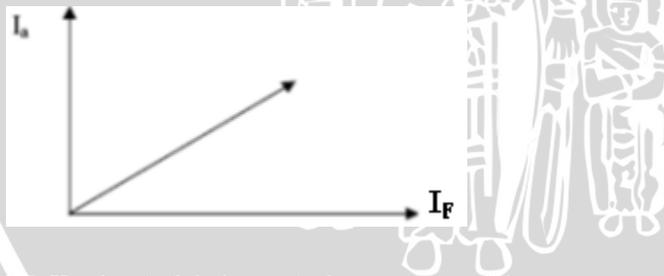
Harga X_s diperoleh dari dua macam percobaan yaitu percobaan tanpa beban dan percobaan hubungan singkat. Pada pengujian tanpa beban, generator diputar pada kecepatan ratingnya dan terminal generator tidak dihubungkan ke beban. Arus eksitasi medan mula adalah nol. Kemudian arus eksitasi medan dinaikan bertahap dan tegangan terminal generator diukur pada tiap tahapan. Dari percobaan tanpa beban arus jangkar adalah nol ($I_a = 0$) sehingga V sama dengan E_a . Sehingga dari pengujian ini diperoleh kurva E_a sebagai fungsi arus medan (I_F). Dari kurva ini harga yang akan dipakai adalah harga liniernya (unsaturated). Pemakaian harga linier yang merupakan garis lurus cukup beralasan mengingat kelebihan arus medan pada keadaan jenuh sebenarnya dikompensasi oleh adanya reaksi jangkar.



Gambar 2.4 Karakteristik generator sinkron tanpa beban

Sumber : Muschsin, 2000 : 5

Pengujian yang kedua yaitu pengujian hubung singkat. Pada pengujian ini mula-mula arus eksitasi medan dibuat nol, dan terminal generator dihubungkan singkat melalui ampere meter. Kemudian arus jangkar I_a (= arus saluran) diukur dengan mengubah arus eksitasi medan. Dari pengujian hubung singkat akan menghasilkan hubungan antara arus jangkar (I_a) sebagai fungsi arus medan (I_F), dan ini merupakan garis lurus. Gambaran karakteristik hubung singkat generator sinkron diberikan di bawah ini.



Gambar 2.5 Karakteristik hubung singkat generator sinkron

Sumber : Muschsin, 2000 : 5

Ketika terminal generator dihubungkan singkat maka tegangan terminal adalah nol. Impedansi internal mesin ditunjukkan pada Persamaan 2.5. (Muschsin, 2000: 7)

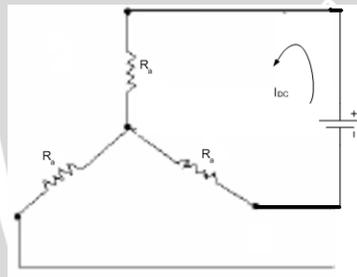
$$Z_s = \sqrt{R_a^2 + X_s^2} = \frac{E_a}{I_a} \quad (2.5)$$

Oleh karena $X_s \gg R_a$, maka persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi Persamaan 2.6. (Muschsin, 2000: 7)

$$X_s = \frac{E_a}{I_a} = \frac{V_{OC}}{I_{a_{hs}}} \quad (2.6)$$

Jika I_a dan E_a diketahui untuk kondisi tertentu, maka nilai reaktansi sinkron dapat diketahui. Tahanan jangkar dapat diukur dengan menerapkan tegangan DC pada kumparan jangkar pada kondisi generator diam saat hubungan bintang (Y), kemudian arus yang mengalir diukur. Selanjutnya tahanan jangkar perfasa pada kumparan dapat diperoleh dengan menggunakan hukum ohm pada Persamaan 2.7. (Muschsin, 2000: 8)

$$R_a = \frac{V_{DC}}{2.I_{DC}} \quad (2.7)$$



Gambar 2.6 Hubungan Y untuk Persamaan 2.7

Sumber: Muschsin, 2000: 8

Penggunaan tegangan DC ini adalah supaya reaktansi kumparan sama dengan nol pada saat pengukuran.

2.2.5 Pengaturan Tegangan (Regulasi Tegangan)

Pengaturan tegangan adalah perubahan tegangan terminal generator sinkron antara keadaan beban nol (V_{NL}) dengan beban penuh (V_{FL}). Keadaan ini memberikan gambaran batasan drop tegangan yang terjadi pada generator, yang dinyatakan pada Persamaan 2.8. (Muschsin, 2000 : 9)

$$VR = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100\% \quad (2.8)$$

2.3 Mikrokontroler ATmega 8535

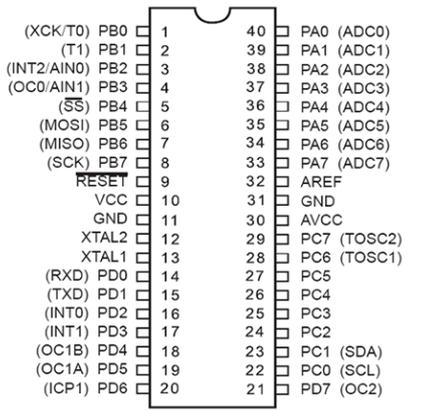
Mikrokontroler ATmega 8535 memiliki arsitektur RISC 8 Bit, sehingga semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (16-bits word) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus instruksi clock. Ini sangat membedakan sekali dengan instruksi MCS-51 (berarsitektur CISC) yang membutuhkan siklus 12 clock. RISC adalah *Reduced Instruction Set Computing* sedangkan CISC adalah *Complex Instruction Set Computing*.

AVR dikelompokkan kedalam 4 kelas, yaitu ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan keluarga AT86RFxx. Dari kesemua kelas yang membedakan satu sama lain adalah ukuran *onboard memori*, *on-board peripheral* dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan mereka bisa dikatakan hampir sama. Gambar 2.4 menunjukkan konfigurasi pin mikrokontroler ATmega8535.

Konfigurasi Pin ATmega 8535 : (ATmega8535 Datasheet)

1. VCC merupakan Pin yang berfungsi sebagai pin masukan catudaya
2. GND merupakan Pin *Ground*
3. Port A (PA0...PA7) merupakan pin I/O dan pin masukan ADC
4. Port B (PB0...PB7) merupakan pin I/O dan pin yang mempunyai fungsi khusus yaitu Timer/Counter, komparator Analog dan SPI
5. Port C (PC0...PC7) merupakan port I/O dan pin yang mempunyai fungsi khusus, yaitu komparator analog dan Timer Oscillator
6. Port D (PD0...PD7) merupakan port I/O dan pin fungsi khusus yaitu komparator analog dan interrupt eksternal serta komunikasi serial
7. RESET merupakan pin yang digunakan untuk mereset mikrokontroler
8. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan *clock* eksternal
9. AVCC merupakan pin masukan untuk tegangan ADC

10. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi untuk ADC

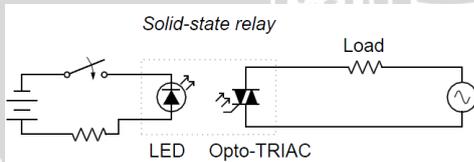


Gambar 2.7 Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega 8535

Sumber: ATmega8535 Datasheet

2.4 Solid State Relay (SSR)

Solid State Relay (SSR) adalah rele elektronik semikonduktor yang tidak memiliki bagian yang bergerak. Sistem isolasi pada SSR umumnya terisolasi secara optik. SSR dibangun dengan isolator sebuah MOC untuk memisahkan bagian input dan saklar (berupa TRIAC). (Kuphaldt, 2007 : 133). Gambar 2.8 menunjukkan rangkaian dari SSR.



Gambar 2.8 Rangkaian Solid State Relay

Sumber : Kuphaldt, 2007: 5

Kelebihan SSR adalah : (SSR Datasheet)

1. Tidak akan terjadi kondisi 'no contact' karena tidak terdapat kontaktor (yang dapat tertutup debu bahkan karat) didalam SSR.
2. Tidak akan terjadi 'bounce' karena tidak ada kontaktor saat terjadi perpindahan keadaan. Karena tidak ada 'bounce' maka tidak akan terjadi percikan bunga api.

3. Proses perpindahan dari 'off' ke kondisi 'on' atau sebaliknya berjalan dalam waktu yang sangat cepat, yakni sekitar 10us.
4. SSR kebal terhadap guncangan dan getaran karena tidak terdapat kontaktor yang pada rele konvensional mudah terguncang.
5. Kontaktor output pada SSR secara otomatis 'latch' sehingga energi yang dihasilkan untuk aktivasi SSR lebih hemat dibandingkan aktivasi rele konvensional. Kondisi 'on' SSR akan di-latch hingga tegangan SSR mendekati nol volt.
6. SSR sangat sensitif sehingga dapat menggunakan tegangan CMOS bahkan TTL. Rangkaian kontrolnya menjadi sangat sederhana karena tidak memerlukan converter.

Untuk memilih komponen rele, harus memperhatikan *rating* tegangan dan arus yang dimiliki oleh rele tersebut. Nilai *rating* tegangan diketahui sesuai dengan nilai tegangan sumber listrik. Untuk menentukan nilai *rating* arus digunakan Persamaan 2.9. (Mismail, 1995 : 187)

$$I = \frac{P}{V \cos \varphi} \quad (2.9)$$

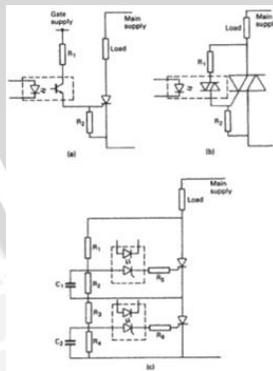
2.4.1 *Optocoupler*

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. Oleh karena itu 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 pada tempat yang berdekatan.

Pada prinsipnya, sinyal listrik dalam bentuk arus pada 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 pada rangkaian masukan dan keluaran sehingga dapat digunakan transmisi sinyal antar rangkaian. Gambar 2.9 menunjukkan beberapa contoh penggunaan dari *optocoupler*. Rangkaian *thyristor* dengan catu daya terpisah ditunjukkan pada gambar 2.9(a). Rangkaian pada gambar 2.9(b) tidak memerlukan catu daya pada *gate* yang terpisah, karena diambil dari sumber yang sama dengan beban. Namun bagian detektor optik pada rangkaian keluaran akan menerima tegangan penuh dari sumber utama ketika tidak konduksi, sehingga *rating* tegangan dari komponen perlu diperhatikan (Mazda, 1997: 4). Terkadang *optocoupler* dilengkapi dengan komponen *zero crossing detector* yang tergabung menjadi satu paket sehingga komponen elektronika daya TRIAC mampu disaklar pada titik *zero crossing* sumber tegangan AC guna meminimalisasi interferensi gelombang radio.



Gambar 2.9 Contoh rangkaian aplikasi penggunaan *optocoupler*

- a) Trisitor dengan catu daya terpisah
- b) TRIAC dan beban dengan catu daya sama
- c) TRIAC dengan konvigurasi seri

Sumber: Mazda, 1997 : 4

Tipe *optocoupler* yang digunakan pada rangkaian adalah MOC3021. Karakteristik dari MOC3021 tertera pada Tabel 2.1:



Tabel 2.1 Karakteristik MOC3021

Rating	Symbol	Value	Unit
INFRARED EMITTING DIODE			
Reverse Voltage	V _R	3	Volts
Forward Current — Continuous	I _F	60	mA
Total Power Dissipation @ T _A = 25°C Negligible Power in Triac Driver Derate above 25°C	PD	100	mW
		1.33	mW/°C
OUTPUT DRIVER			
Off-State Output Terminal Voltage	V _{DRM}	400	Volts
Peak Repetitive Surge Current (PW = 1 ms, 120 pps)	I _{TSM}	1	A
Total Power Dissipation @ T _A = 25°C Derate above 25°C	PD	300	mW
		4	mW/°C
TOTAL DEVICE			
Isolation Surge Voltage ⁽¹⁾ (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 Second Duration)	V _{ISO}	7500	Vac(pk)
Total Power Dissipation @ T _A = 25°C Derate above 25°C	PD	330	mW
		4.4	mW/°C
Junction Temperature Range	T _J	-40 to +100	°C
Ambient Operating Temperature Range ⁽²⁾	T _A	-40 to +85	°C
Storage Temperature Range ⁽²⁾	T _{stg}	-40 to +150	°C
Soldering Temperature (10 s)	T _L	260	°C

Sumber : Motorola, 1995 : 1

Untuk perhitungan rangkaian menggunakan Persamaan 2.10 (Mismail, 1995: 178)

$$V_{IN} = R_1 \cdot I_F \tag{2.10}$$

dengan :

V_{IN} = tegangan masukan MOC3021

R₁ = resistor untuk membatasi arus I_F

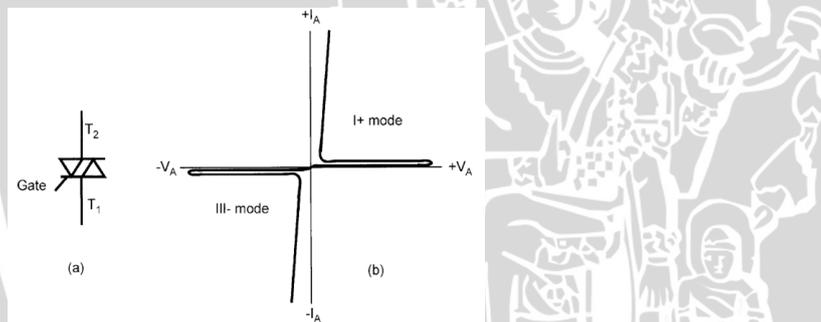
I_F = arus bias maju MOC3021

2.4.2 TRIAC (*Triode for Alternating Current*)

TRIAC merupakan gabungan dua *thyristor* yang terpasang antiparalel yang terintegrasi dalam satu komponen dengan sebuah terminal *gate*. Aplikasi praktis dari penggunaan TRIAC yang terintegrasi menimbulkan beberapa kekurangan. Kekurangan TRIAC jika dibandingkan *thyristor* antara lain sensitivitas arus *gate* TRIAC lebih buruk dan waktu pemutusan (*turn-off time*) lebih lama. Selain itu, pemicuan TRIAC dikenal tidak simetris. Maksudnya,

TRIAC tidak akan terpicu pada tepat tegangan yang sama antara polaritas positif dengan negatif.

TRIAC pada dasarnya merupakan komponen dua arah, karena itulah terminalnya tidak dapat disebut sebagai anoda maupun katoda. Sebagai gantinya, terminalnya disebut MT_1 dan MT_2 . Jika tegangan terminal MT_2 lebih positif terhadap terminal MT_1 , TRIAC dipicu dengan memberikan sinyal positif pada *gate* dan terminal MT_1 . Bila MT_2 lebih negatif terhadap terminal MT_1 maka pemucuan dilakukan dengan memberikan sinyal pulsa negatif pada *gate* dan terminal MT_1 . Tanpa memperdulikan kedua polaritas sinyal *gate*, TRIAC dapat dinyalakan baik dengan sinyal positif ataupun negatif. Dalam prakteknya, kepekaan bervariasi antara suatu kuadran dengan kuadran lainnya. Umumnya TRIAC dioperasikan pada kuadran I⁺ (tegangan dan arus *gate* positif) dan III⁻ (tegangan dan arus *gate* negatif). Berikut ini simbol dan karakteristik TRIAC :



Gambar 2.10 Simbol dan karakteristik $v - i$ dari TRIAC.

Sumber: Bose, 2002 : 10

Tipe TRIAC yang digunakan pada rangkaian adalah BT139 800E. TRIAC BT139 800E memiliki rating tertentu yang tertera pada *datasheet*, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2:

Tabel 2.2 Rating TRIAC BT139 800E

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Static characteristics						
I_{GT}	gate trigger current	$V_D = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}; T_2+ G+;$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C};$ see Figure 7	-	2.5	10	mA
		$V_D = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}; T_2+ G-;$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C};$ see Figure 7	-	4	10	mA
		$V_D = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}; T_2- G-;$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C};$ see Figure 7	-	5	10	mA
		$V_D = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}; T_2- G+;$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C};$ see Figure 7	-	11	25	mA
I_L	latching current	$V_D = 12\text{ V}; I_G = 0.1\text{ A}; T_2+ G+;$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C};$ see Figure 8	-	3.2	30	mA
		$V_D = 12\text{ V}; I_G = 0.1\text{ A}; T_2+ G-;$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C};$ see Figure 8	-	16	40	mA
		$V_D = 12\text{ V}; I_G = 0.1\text{ A}; T_2- G-;$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C};$ see Figure 8	-	4	30	mA
		$V_D = 12\text{ V}; I_G = 0.1\text{ A}; T_2- G+;$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C};$ see Figure 8	-	5.5	40	mA
I_H	holding current	$V_D = 12\text{ V}; T_J = 25\text{ }^\circ\text{C};$ see Figure 9	-	4	45	mA
V_T	on-state voltage	$I_T = 20\text{ A}; T_J = 25\text{ }^\circ\text{C};$ see Figure 10	-	1.2	1.6	V
V_{GT}	gate trigger voltage	$V_D = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}; T_J = 25\text{ }^\circ\text{C};$ see Figure 11	-	0.7	1.5	V
		$V_D = 400\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}; T_J = 125\text{ }^\circ\text{C};$ see Figure 11	0.25	0.4	-	V
I_D	off-state current	$V_D = 800\text{ V}; T_J = 125\text{ }^\circ\text{C}$	-	0.1	0.5	mA

Sumber: Philip BT139 Series Datasheet. 2004 : 7

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, untuk menyalakan TRIAC dibutuhkan arus pemicuan *gate* (I_{GT}) dan tegangan pemicuan *gate* (V_{GT}). Hal ini menunjukkan TRIAC membutuhkan tegangan jala-jala minimal V_T diantara terminal MT1 dan MT2. Walaupun TRIAC sudah ditrigger on tetapi V_T masih terlalu kecil, maka TRIAC tidak bisa dinyalakan. Untuk menentukan V_T menggunakan Persamaan 2.11. (Mismail, 1995: 178)

$$V_T = V_{R2} + V_{GT} + V_{TM} \tag{2.11}$$

$$V_T = I_{GT} \cdot R_2 + V_{GT} + V_{TM} \tag{2.12}$$

dengan :

V_{TM} = Tegangan peak on-state MOC3021

V_{GT} = Gate Trigger Voltage (tegangan pemicuan *gate*)

I_{GT} = Gate Trigger Current (arus pemicuan *gate*)

R_2 = Resistor pembatas arus I_{GT}



Untuk mencari nilai C1 menggunakan Persamaan 2.13. (Woollard, Barry. 1999:

33)

$$V_C = V_{MAX} (1 - e^{-\frac{t}{(R3.C1)}}) \quad (2.13)$$

$$\frac{dV_C}{dT} = \frac{V_{MAX}}{R3.C1} e^{-\frac{t}{(R3.C1)}} \quad (2.14)$$

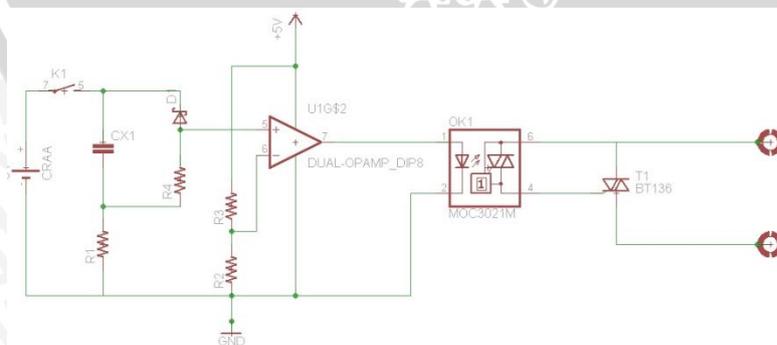
$$\left(\frac{dV_C}{dT}\right)_{MAX} = \frac{V_{MAX}}{R3.C1} \quad (2.15)$$

$$C1 = \frac{V_{MAX}}{R3 \left(\frac{dV_C}{dT}\right)_{MAX}} \quad (2.16)$$

Harga $(dV_C/dT)_{MAX}$ harus bernilai sama dengan nilai $(dV/dT)_{MIN}$ dari MOC3021. Nilai dV/dT didapatkan dari *datasheet* MOC3021.

2.5 Keadaan Peralihan (Transien) Tegangan Saat Terjadi Proses Switching

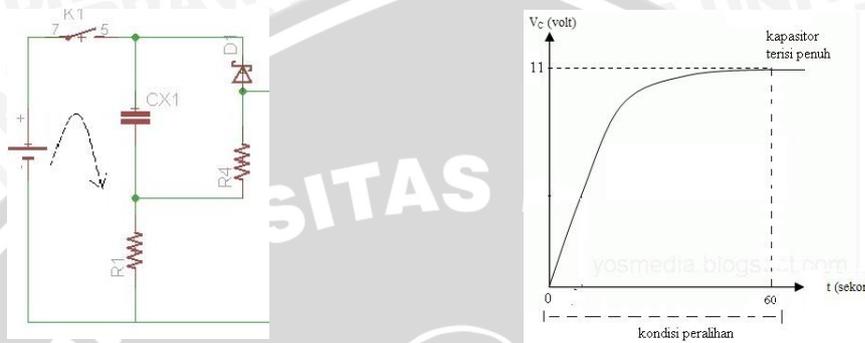
Cara kerja ATS ini adalah melakukan proses *switching* dari sumber listrik PLN ke genset setelah 60 detik sumber listrik PLN *off*. Diketahui waktu pemanasan genset adalah 60 detik. Ketika genset telah menghasilkan tegangan sebelum 60 detik, maka tegangan dari genset akan ditahan oleh rangkaian penunda tegangan selama 60 detik. Gambar 2.6 menunjukkan rangkaian penunda tegangan.



Gambar 2.11 Rangkaian penunda tegangan

Sumber: Soemitro, 1992: 287

Rele pada rangkaian penunda tegangan dihubungkan dengan sumber listrik PLN dan dikondisikan NO (*normally open*) saat sumber listrik PLN *on*. Saat sumber listrik PLN *off*, kondisi rele menjadi NC (*normally close*) sehingga baterai pada rangkaian mencatu rangkaian penunda tegangan.



Gambar 2.12 Rangkaian dan grafik keadaan peralihan pada rangkaian penunda tegangan

Sumber: Soemitro, 1992: 290

Saat baterai mencatu rangkaian, kapasitor menahan tegangan dari baterai untuk tidak diteruskan ke diode zener selama 60 detik. Keadaan ini disebut keadaan peralihan (*transien*). Gambar 2.7 menunjukkan keadaan peralihan pada rangkaian penahan tegangan. Untuk perhitungan pada keadaan peralihan ini digunakan Persamaan 2.13.

$$V_C = V_b \cdot (1 - e^{-\frac{t}{(R1.C1)}})$$

dengan:

$$V_C = \text{Tegangan kapasitor}$$

$$V_b = \text{Tegangan baterai}$$

$$t = \text{Lama waktu pemanasan genset}$$

$$C_1 = \text{Nilai kapasitansi kapasitor}$$

$$R_1 = \text{Nilai resistansi resistor}$$

Ditentukan nilai $V_C = 11 \text{ V}$.

$$11 = 12 \cdot (1 - e^{-\frac{60}{R1C1}})$$

$$0.916 = 1 - e^{-\frac{60}{R1C1}}$$

$$-0.083 = -e^{-\frac{60}{R1C1}}$$

$$\ln(0.083) = -\frac{60}{R1C1}$$

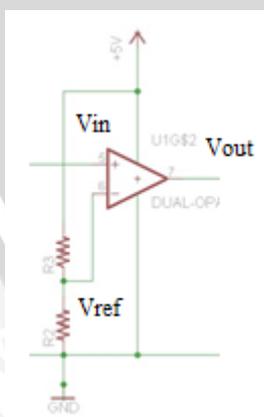
$$-2.48 = -\frac{60}{R1C1}$$

$$0.04 = \frac{1}{R1C1}$$

Ditentukan nilai $C1 = 220 \cdot 10^{-6} \text{F}$

$$R1 = 100 \text{k} \Omega$$

Setelah 60 detik, kapasitor sudah terisi penuh sehingga tegangan diteruskan ke diode zener. Diketahui nilai tegangan dadal zener (V_z) adalah 3,3 V. Saat nilai tegangan yang masuk ke diode zener bernilai lebih dari sama dengan nilai V_z , diode zener konduksi kemudian meneruskan tegangan ke komparator.



Gambar 2.13 Rangkaian komparator untuk pemicuan *optocoupler*

Sumber: Soemitro, 1992: 288

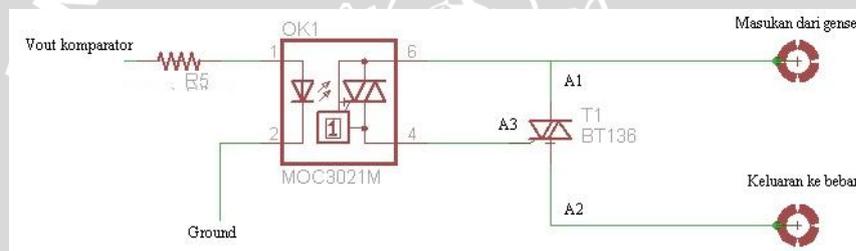
Komparator berfungsi untuk membandingkan antara besar nilai tegangan keluaran diode zener yang masuk ke komparator (V_{in}) dengan besar nilai tegangan

referensi yang masuk ke komparator (V_{ref}). Jika $V_{in} > V_{ref}$, nilai tegangan yang keluar dari komparator (V_{out}) adalah sama dengan nilai V_{in} . Jika $V_{in} < V_{ref}$, nilai V_{out} adalah sama dengan nilai V_{ref} . V_{in} adalah tegangan keluaran diode zener yang bernilai 3.3 V. Untuk menentukan nilai V_{ref} komparator menggunakan Persamaan 2.17. (Soemitro, 1992: 55)

$$V_{ref} = \frac{R_2}{(R_2+R_3)} V_{sumber} \quad (2.17)$$

$$V_{ref} = \frac{5}{(5+50)} 5$$

$$V_{ref} = 0.45 \text{ V}$$



Gambar 2.14 Rangkaian saklar elektronik yang terdiri dari optocoupler dan TRIAC

Sumber: Soemitro, 1992: 288

Diketahui I_F adalah arus bias maju maksimum optocoupler dengan nilai 60 mA. R_5 dipasang untuk membatasi I_F . Untuk menentukan besar nilai R_5 minimum menggunakan Persamaan 2.10.

$$V_{out \text{ komparator}} = R_5 \cdot I_F$$

$$3.3 = R_5 \cdot 60 \cdot 10^{-3}$$

$$R_5 = 55 \Omega$$

Pada rangkaian digunakan R_5 dengan nilai 100 Ω agar arus yang masuk ke optocoupler bernilai dibawah dari I_F , yaitu sebesar 33 mA. V_T adalah tegangan picu optocoupler dengan nilai 1.15 V. Saat nilai V_{out} komparator lebih dari sama

dengan nilai V_T ($V_{out} = 3.3 V; V_{out} > V_T$), optocoupler *on*. Jika nilai V_{out} komparator kurang dari nilai V_T ($V_{out} = 0.45V; V_{out} < V_T$), optocoupler *off*.

TRIAC memiliki 3 kaki, yakni A1, A2, dan A3. A1 merupakan kaki untuk masukan dari genset. A2 merupakan kaki untuk keluaran genset ke beban. A3 merupakan kaki untuk picuan TRIAC. Pada rangkaian di atas, A3 dihubungkan dengan kaki keluaran optocoupler. Diketahui dari datasheet arus keluaran optocoupler saat kondisi *on* (I_{TSM}) bernilai 1 A dan arus picuan TRIAC (I_T) sebesar 25 mA. Saat $I_{TSM} > I_T$, TRIAC *on* sehingga sumber listrik genset mencatu beban.

