

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanur (*Furnace*)

Asosiasi peralatan pemanas di industri IHEA (*The Industrial Heating Equipment Association*) mengklasifikasikan perangkat pemanas menjadi 2, yaitu oven dan tanur. Pengklasifikasian tersebut dibuat atas dasar temperatur kerja suatu perangkat pemanas. Perangkat yang beroperasi pada suhu sekitar 540 °C (1000 °F) disebut oven, dan perangkat lain yang beroperasi pada suhu di atas 540 °C (1000 °C) disebut tanur (Dosset dan Boyer, 2006).

Tanur listrik merupakan tanur yang umum dipakai dan digunakan secara luas pada saat ini. Tanur yang dipanaskan dengan listrik menawarkan banyak keuntungan, seperti keseragaman suhu pada bilik tanur, suhu yang terkontrol, bebas polusi, kondisi kerja yang rapi dan bersih, efisien dalam penggunaan energi panas, tidak memerlukan perangkat-perangkat tambahan, serta mudah dinyalakan dan dimatikan (Rajan, dkk., 2011).

Tanur listrik sedikit berbeda dari kebanyakan tanur dalam hal pembakaran bahan bakar. Tanur listrik sangat mirip dengan prinsip kerja pengering rambut (*Hair dryer*). Karena pembakaran sebenarnya tidak ada dalam tanur elektrik, tidak ada kebutuhan untuk *heat exchanger* atau *burner*. Komponen-komponen ini diganti dengan elemen pemanas listrik yang terletak langsung dalam aliran udara. *Blower* hanya memaksa udara melewati seluruh elemen pemanas, sehingga udara panas akan terdorong menuju *chamber* (Brands, 2007).

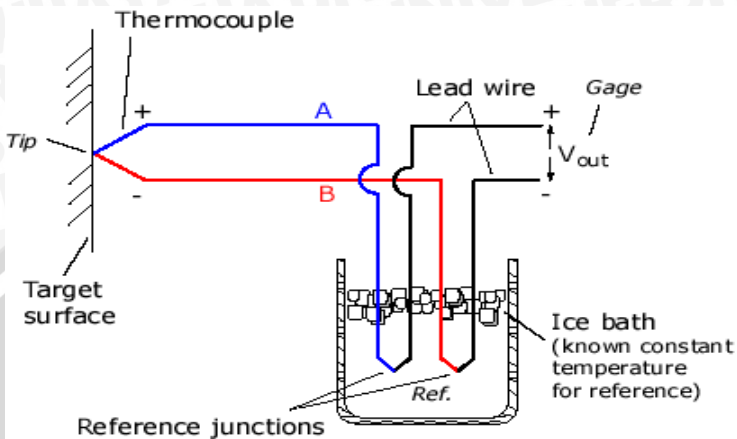
Berdasarkan metode pemanasan, tanur listrik dapat dikelompokkan ke dalam tanur bertahanan, tanur pemancar, tanur induksi, tanur pemancar plasma dan tanur sinar elektron. Tanur bertahanan secara luas digunakan untuk terapi pemanasan logam dan campuran logam. Pada beberapa tanur, suhu dapat dikontrol dengan mudah dengan derajat akurasi yang tinggi. Berdasarkan temperatur yang diinginkan, beberapa macam hambatan yang dapat digunakan sebagai elemen pemanas pada tanur yang ditunjukkan pada tabel 2.1 (Rajan, dkk., 2011).

Tabel 2.1 Jenis tahanan yang digunakan pada tanur listrik (Rajan, dkk., 2011).

Name	Composition	Maximum working temperature (°C)
Constantan	Cu, 40% Ni	900
Nichrome I	Ni, 20% Cr	1100
Nichrome II	Ni, 24% Fe; 16% Cr	950
Alumel	Ni, 3% Mn; 2% Al; 1% Si	1200
Chromel	Ni, 10% Cr	1200
Chromel C	Ni, 23% Fe; 15% Cr; 2% Mn	900
Kanthal	Fe, 25% Cr; 5% Al; 3% Co	1400
Tungsten		2400
Molybdenum		1800
Tantalum		2200
Platinum		1500
Pt-Rh alloy, Pt, 10% Rh		1700
Thoria		2400
Graphite		2000

2.2 Termokopel

Termokopel merupakan suatu *transduser* yang terdiri dari sepasang kawat logam yang berbeda dihubungkan pada satu ujung (ujung pengindera) dan berakhir pada ujung lain (sambungan dingin) yang dipertahankan pada temperatur konstan yang disebut sebagai temperatur referensi. Bila antara ujung pengindera dan titik referensi terdapat perbedaan temperatur, maka akan dihasilkan suatu gaya gerak listrik yang menyebabkan adanya aliran arus listrik di dalam rangkaian (Cooper, 1984). Oleh karena itu, termokopel termasuk ke dalam transduser tipe *self-generating*, artinya transduser yang mampu bekerja tanpa memerlukan suplai daya dari luar (Turner dan Hill, 1999).



Gambar 2.1 Prinsip kerja termokopel (efunda.com).

Termokopel bekerja berdasarkan pada efek seebeck, ketika dua macam logam yang berbeda digabungkan bersama-sama, maka akan dihasilkan suatu gaya termoelektrik yang merupakan fungsi dari temperatur. Bentuk umum dari hubungan tersebut dinyatakan (Moris, 2001):

$$e = a_1 T + a_2 T^2 + a_3 T^3 + \dots + a_n T^n \quad (2.1)$$

dimana e adalah gaya termoelektrik yang dihasilkan dan T adalah suhu mutlak. Persamaan tersebut memiliki hubungan nonlinier, sehingga sangat tidak sesuai dengan aplikasi pengukuran. Beruntung pada beberapa pasangan material, bentuk tersebut yang mencakup deret pangkat $a_2 T^2 + a_3 T^3$ sampai $a_n T^n$ bernilai mendekati nol. Sehingga hubungan antara gaya termoelektrik dengan temperatur mendekati linier, yang dinyatakan oleh persamaan berikut (Moris, 2001):

$$e \approx a_1 T \quad (2.2).$$

2.3 Catu Daya

Catu daya (*Power Supply*) adalah komponen yang menyediakan energi listrik untuk sistem (Budi, 2010). Secara umum sistem catu daya tersusun atas subsistem berikut:

1. Penurun Tegangan

Pada suatu rangkaian catu daya, transformator step-down

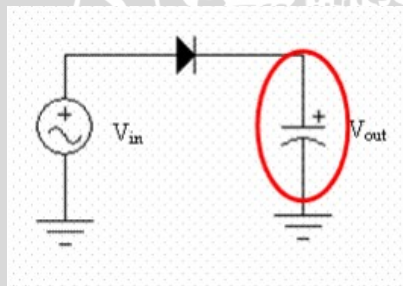
diperlukan untuk menurunkan tegangan AC dari jala-jala listrik pada kumparan primernya menjadi tegangan AC yang lebih kecil pada kumparan sekundernya (cnt121.wordpress.com).

2. Penyearah (*Rectifier*)

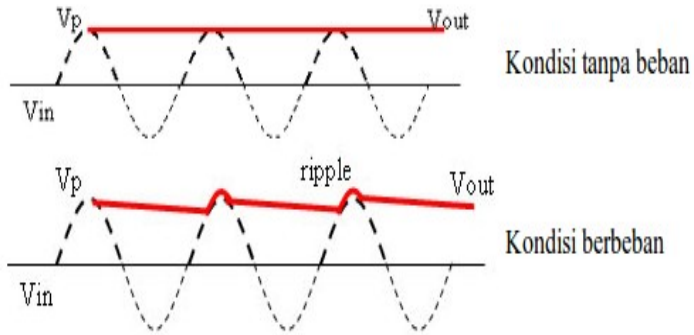
Penyearah (*Rectifier*) adalah alat yang digunakan untuk mengubah sumber arus bolak-balik (AC) menjadi sinyal sumber arus searah (DC). Penyearah gelombang penuh dengan menggunakan trafo CT dapat dibuat menggunakan 2 buah dioda D1 dan D2 (Purnama, 2012).

3. Filter Kapasitor

Prinsip filter kapasitor adalah proses pengisian dan pengosongan kapasitor. Saat dioda *forward*, kapasitor terisi dan tegangannya sama dengan periode ayunan tegangan sumber. Pengisian berlangsung sampai nilai maksimum, pada saat itu tegangan C sama dengan V_p . Pada ayunan turun kearah *reverse*, kapasitor akan mengosongkan muatannya. Jika tidak ada beban, maka nilainya konstan dan sama dengan V_p , tetapi jika ada beban maka keluarannya (V_{out}) memiliki sedikit riak akibat kondisi pengosongan (m-edukasi.net).



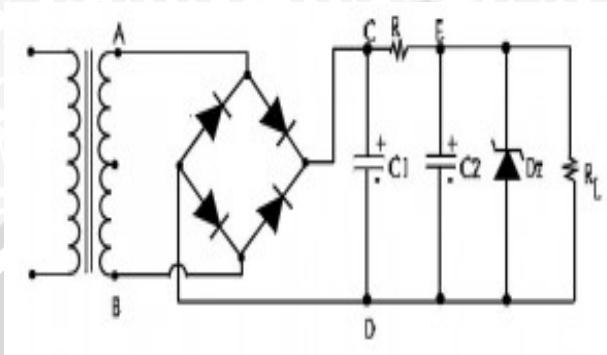
Gambar 2.2 Rangkaian filter kapasitor (m-edukasi.net).



Gambar 2.3 Bentuk gelombang keluaran dari filter kapasitor (m-edukasi.net).

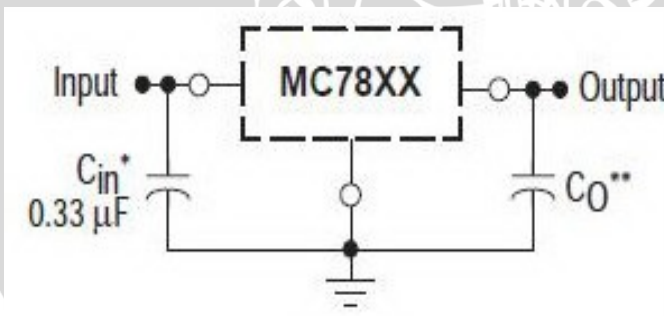
4. Regulator Tegangan

Regulator tegangan adalah bagian catu daya yang berfungsi untuk memberikan stabilitas pada tegangan keluaran. Keluaran tegangan DC dari penyearah tanpa regulator mempunyai kecenderungan berubah harganya saat dioperasikan. Adanya perubahan pada masukan AC dan variasi beban merupakan penyebab utama terjadinya ketidakstabilan pada catu daya. Pada sebagian peralatan elektronika, terjadinya perubahan catu daya akan berakibat cukup serius. Untuk mendapatkan pencatu daya yang stabil diperlukan regulator tegangan. Regulator tegangan untuk catu daya paling sederhana adalah menggunakan dioda zener. Rangkaian dasar penggunaan dioda zener sebagai regulator tegangan dapat dilihat pada gambar 2.4 (Purnama, 2012).



Gambar 2.4 Rangkaian dioda zener sebagai regulator tegangan (Purnama, 2012).

Salah satu tipe IC regulator tegangan adalah 78XX. Regulator tegangan tipe 78XX adalah salah satu regulator tegangan tetap dengan tiga terminal, yaitu terminal VIN, GND dan VOUT. Tegangan keluaran dari regulator 78XX memungkinkan regulator untuk dipakai dalam sistem logika, instrumentasi dan *hifi*. Regulator tegangan 78XX dirancang sebagai regulator tegangan tetap, meskipun demikian dapat juga keluaran dari regulator ini diatur tegangan dan arusnya melalui tambahan komponen eksternal (Purnama, 2012).



Gambar 2.5 Rangkaian dasar regulator tegangan positif 78xx (Purnama, 2012).

Dalam penggunaan IC 78XX atau 79XX terdapat beberapa karakteristik yang harus diperhatikan, diantaranya *Regulation Voltage*, *Maximum Current* dan *Minimum Input Voltage* yang

ditunjukkan pada tabel 2.2 (Nasution, 2011).

Tabel 2.2 Karakteristik IC 78xx dan 79xx (Nasution, 2011).

Type Number	Regulation Voltage	Maximum Current	Minimum Input Voltage
78L05	+5V	0.1A	+7V
78L12	+12V	0.1A	+14.5V
78L15	+15V	0.1A	+17.5V
78M05	+5V	0.5A	+7V
78M12	+12V	0.5A	+14.5V
78M15	+15V	0.5A	+17.5V
7805	+5V	1A	+7V
7806	+6V	1A	+8V
7808	+8V	1A	+10.5V
7812	+12V	1A	+14.5V
7815	+15V	1A	+17.5V
7824	+24V	1A	+26V
78S05	+5V	2A	+8V
78S09	+9V	2A	+12V
78S12	+12V	2A	+15V
78S15	+15V	2A	+18V

Angka xx pada bagian terakhir penulisan tipe regulator 78xx merupakan besarnya tegangan output dari regulator tersebut. Kemudian huruf L, M merupakan besarnya arus maksimum yang dapat dialirkan pada terminal output regulator tegangan positif tersebut. Untuk penulisan tanpa huruf L ataupun M (78(L/M)xx) pada regulator tegangan positif 78xx maka arus maksimal yang dapat dialirkan pada terminal outputnya adalah 1 ampere (Purnama, 2012).

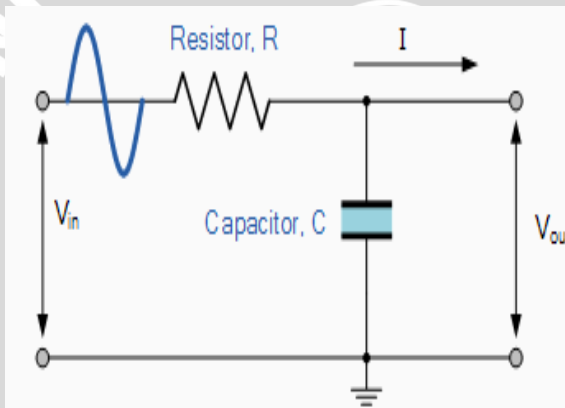
2.4 Pengkondisi Sinyal

2.4.1 RC Low Pass Filter

Filter adalah suatu rangkaian yang dirancang untuk melewatkan sinyal pada suatu pita frekuensi tertentu dan

memperlemah semua sinyal yang memiliki frekuensi di luar *bandwidth* ini. Rangkaian *filter* ada dua macam, yaitu *filter* pasif dan *filter* aktif. Rangkaian *filter* pasif hanya berisi komponen pasif, yaitu resistor, kapasitor dan induktor saja. *Filter* aktif menggunakan transistor atau op-amp ditambah resistor, induktor dan kapasitor (Coughlin dan Driscoll, 1983).

Sebuah filter pasif lolos rendah RC sederhana dapat dibuat dengan menghubungkan bersama-sama dalam satu rangkaian Resistor dirangkai dengan satu kapasitor seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6. Jenis pengaturan filter ini sinyal masukan (V_{in}) dihubungkan secara seri terhadap rangkaian resistor dan kapasitor, tetapi sinyal keluaran (V_{out}) diambil di kapasitor saja (Storr, 2012).



Gambar 2.6 Rangkaian RC *low pass filter* (Storr, 2012).

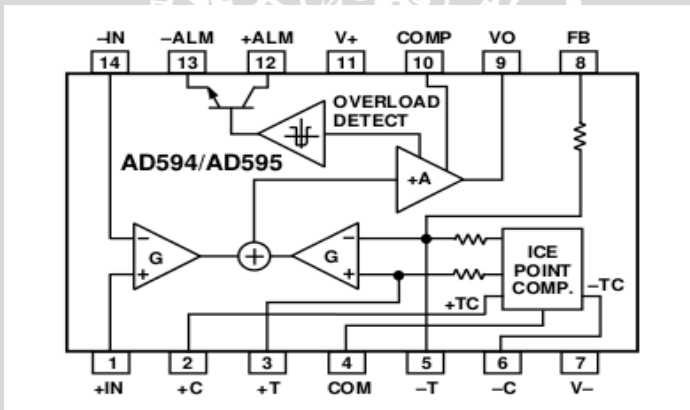
Prinsip kerja dari penapis lolos rendah RC adalah reaktansi kapasitif dari kapasitor akan berbanding terbalik dengan frekuensi, sedangkan nilai resistor tetap konstan terhadap perubahan frekuensi. Pada frekuensi rendah, reaktansi kapasitif (X_c) dari kapasitor akan sangat besar dibandingkan dengan nilai resistif dari resistor R , dan sebagai akibat tegangan kapasitor V_c juga akan besar, sementara drop tegangan pada resistor V_r akan jauh lebih rendah. Hal yang sebaliknya akan terjadi pada frekuensi tinggi, dimana V_c yang kecil dan V_r menjadi besar (Storr, 2012).

2.4.2 AD595

AD595 adalah sebuah penguat instrumentasi yang lengkap

dan khusus dibuat untuk pengkondisi sinyal dari transduser termokopel tipe-K karena telah disertai kompensasi sambungan dingin termokopel dalam satu IC monolitik. Ini menggabungkan referensi titik es dengan penguat yang telah disesuaikan untuk menghasilkan suatu keluaran tingkat tinggi ($10 \text{ mV} / ^\circ\text{C}$) langsung dari sinyal termokopel. Pilihan pin yang tersedia memungkinkan untuk digunakan sebagai penguat kompensator linier atau sebagai pengendali *setpoint* keluaran menggunakan kontrol *setpoint* tetap atau jarak jauh. Hal ini dapat digunakan untuk memperkuat tegangan kompensasi secara langsung (Analog Devices, 1999).

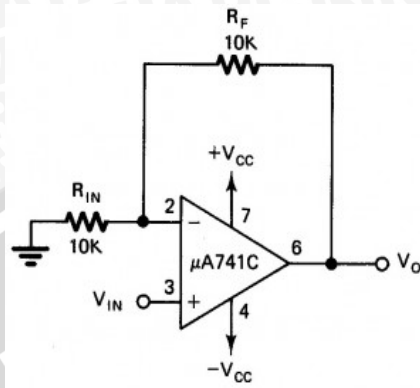
AD595 dapat dicatu dengan catu daya tunggal sebesar +5 V atau dengan dengan pasangan catu daya positif dan negatif, maka suhu di bawah 0°C akan dapat diukur. Beban maksimum yang masih dapat dioperasikan oleh AD595 mencapai $\pm 5 \text{ mA}$, namun untuk meminimalkan *self-heating*, AD595 dapat dioperasikan dengan pasokan arus total $160 \mu\text{A}$ (Analog Devices, 1999).



Gambar 2.7 Konfigurasi pin AD595 (Analog Devices, 1999).

2.4.3 Penguat *Non-Inverting*

Penguat *non-inverting* menghasilkan tegangan keluaran yang sefase dengan tegangan masukan. Penguat umpan balik tegangan *non-inverting* adalah penguat tegangan yang mendekati ideal karena memiliki impedansi masukan yang tinggi, impedansi keluaran yang rendah dan memiliki bati tegangan yang mantap (Malvino, 1985).



Gambar 2.8 Rangkaian penguat *non-inverting* (Purnama, 2012).

Rangkaian diatas merupakan salah satu contoh penguat *non-inverting* menggunakan op-amp tipe 741 dan menggunakan sumber tegangan DC simetris. Dengan sinyal input yang diberikan pada terminal input *non-inverting*, maka besarnya penguatan tegangan rangkaian penguat tak membalik di atas tergantung pada harga R_{in} dan R_f yang dipasang. Besarnya penguatan tegangan output dari rangkaian penguat tak membalik pada gambar 2.8 dapat dituliskan dalam persamaan matematis sebagai berikut (Purnama, 2012):

$$A_v = \frac{R_f}{R_{in}} + 1 \quad (2.3)$$

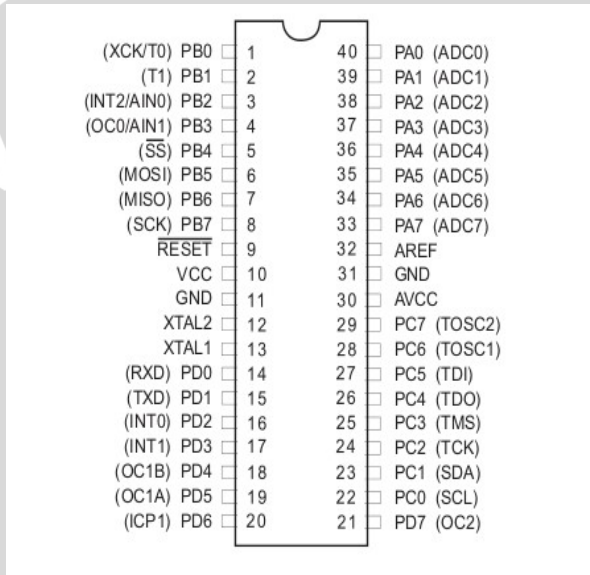
2.5 Mikrokontroler ATmega16A

ATmega16A adalah mikrokontroler 8-bit dari keluarga mega AVR yang diproduksi oleh ATMEL. ATmega16A memiliki kinerja yang tinggi dengan konsumsi daya yang rendah. Arsitektur ATmega16A berbasis RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) yang dapat melakukan 131 instruksi dalam satu *clock*. Kecepatan kerja ATmega16A dapat mencapai 1 MIPS per MHz, sehingga dapat memungkinkan sistem untuk melakukan optimalisasi konsumsi daya dan kecepatan pemrosesan yang cukup tinggi (Atmel, 2010).

Fitur perifer ATmega16A (Atmel, 2010):

1. Dua *Timer/Counter* 8-bit dan satu *Timer/Counter* 16-bit.
2. *Real Time Counter*.
3. Empat kanal PWM (*Pulse Width Modulation*).

4. Delapan kanal ADC 10-bit.
5. USART.
6. Antarmuka serial SPI.
7. Komparator analog.
8. *Two-wire Serial Interface*.
9. *Watchdog Timer* yang dapat diprogram.



Gambar 2.9 Konfigurasi pin ATmega16A (Atmel, 2010).

Atmega16A merupakan mikrokontroler yang memiliki banyak fitur, sehingga jumlah kaki-kakinya mencapai 40 pin dengan fungsi yang berbeda-beda. Berikut adalah deskripsi pin dari Atmega 16A (Atmel, 2010):

1. VCC merupakan pin masukan untuk catu daya.
2. GND merupakan pin ground.
3. Port A (PA7..PA0) merupakan pin I/O dua arah atau sebagai pin masukan analog untuk ADC.
4. Port B (PB7..PB0) merupakan pin I/O dua arah atau sebagai pin dengan fungsi khusus, yaitu: SPI, *Timer/Counter*, analog komparator serta USART *Clock*.
5. Port C (PC7..PC0) merupakan pin I/O dua arah atau sebagai pin dengan fungsi khusus, yaitu: *Timer Oscillator*, JTAG dan

TWSI (*Two Wire Serial Interface*).

6. Port D (PD7..PD0) merupakan pin I/O dua arah atau sebagai pin dengan fungsi khusus , yaitu: *Timer/Counter*, interupsi eksternal dan USART.
7. RESET merupakan pin yang berfungsi untuk mereset program yang sedang berjalan pada mikrokontroler.
8. XTAL1 merupakan pin masukan penguat osilator pembalik atau sebagai pin masukan untuk rangkaian operasi *clock* internal.
9. XTAL2 merupakan pin merupakan pin keluaran penguat osilator pembalik.
10. AVCC merupakan pin masukan catu daya untuk ADC.
11. AREF merupakan pin masukan referensi analog untuk ADC.

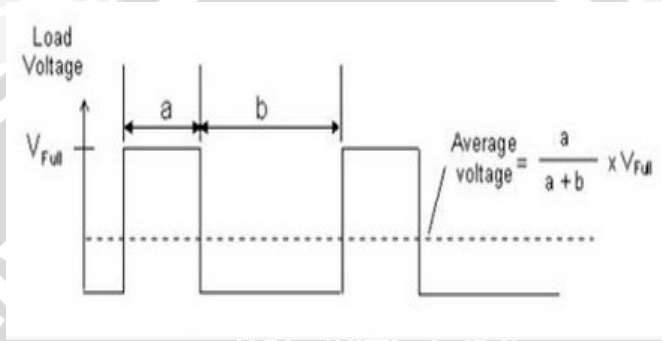
2.6 PWM (*Pulse Width Modulation*)

Secara umum, *Pulse Width Modulation* (PWM) adalah suatu teknik untuk memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda agar diperoleh tegangan keluaran rata-rata yang berbeda (Nasution, 2012). PWM merupakan cara yang sangat efektif untuk mengontrol rangkaian analog oleh suatu mikroprosesor dengan keluaran digital. PWM digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari pengukuran, komunikasi serta untuk mengontrol daya (Barr, 2001).

Sinyal PWM dapat dibangkitkan dengan banyak cara, dapat menggunakan metode analog menggunakan rangkaian op-amp atau dengan metode digital menggunakan mikrokontroler. Dengan metode analog setiap perubahan PWM-nya sangat halus, sedangkan menggunakan metode digital setiap perubahan PWM bergantung pada resolusi dari PWM itu sendiri. Misalnya PWM 8 bit yang dibangkitkan oleh metode digital berarti PWM tersebut memiliki resolusi 2 pangkat 8 sama dengan 256, maksudnya nilai keluaran PWM tersebut memiliki 256 variasi, variasinya mulai dari 0 – 255 yang mewakili duty cycle 0 – 100% dari keluaran PWM tersebut (digilib.itelkom.ac.id).

Duty cycle menunjukkan banyaknya waktu aktif (*high*) dalam satu periode. *Duty cycle* ditunjukkan dalam bentuk persentase waktu aktif terhadap periode (Acroname, 2007).

$$\text{Duty Cycle} = \frac{\text{Pulse time high}}{\text{Pulse period}} \times 100 \text{ persen} \quad (2.4)$$



Gambar 2.10 Bentuk sinyal PWM (digilib.itelkom.ac.id).

$$\text{Average Voltage} = \frac{a}{a+b} \cdot V_{full} \quad (2.5)$$

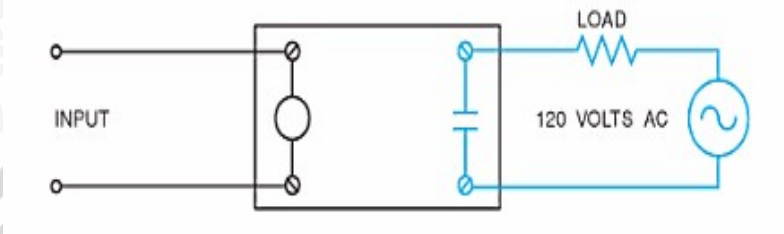
Average Voltage adalah tegangan keluaran rata-rata yang dikontrol oleh sinyal PWM. Dimana a merupakan lama waktu logika *high*, b adalah lama waktu logika *low* dan V_{full} adalah tegangan keluaran maksimum. Dengan menggunakan persamaan 2.5, maka akan didapatkan tegangan keluaran sesuai dengan sinyal kontrol PWM yang dibangkitkan (digilib.itelkom.ac.id).

2.7 Solid State Relay (SSR)

Solid state relay (SSR) adalah sebuah saklar elektronik yang tidak memiliki bagian yang bergerak (Purnama, 2012). Selain itu, SSR juga tahan terhadap guncangan dan getaran, serta tersegel dari kotoran dan uap air. Kelebihan utama dari SSR yaitu masukan tegangan kontrol terisolasi dari elemen pensaklarannya (Herman dan Sparkman, 2009).

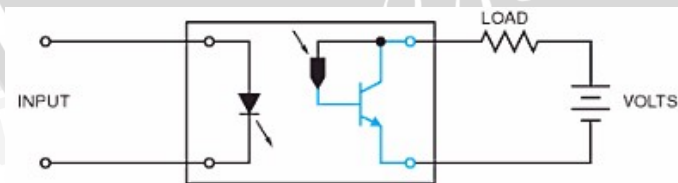
Prinsip kerja SSR secara umum tidak jauh berbeda dengan relai mekanik yang memiliki kontak yang bergerak. Namun, SSR menggunakan komponen semikonduktor sebagai elemen pensaklaran, seperti thyristor, triac, dioda dan transistor. SSR menggunakan komponen semikonduktor optik untuk mengisolasi

sinyal masukan (kontrol) dan sinyal keluaran (*load*) yang dinamakan *photocoupler*. *Photocoupler* mengubah sinyal listrik menjadi sinyal optik dan mengirimnya melalui saluran kepad udara sehingga dapat mengisolasi sepenuhnya bagian masukan dan keluaran ketika terjadi pengiriman sinyal dengan kecepatan tinggi (Allen-Bradley, 2002).

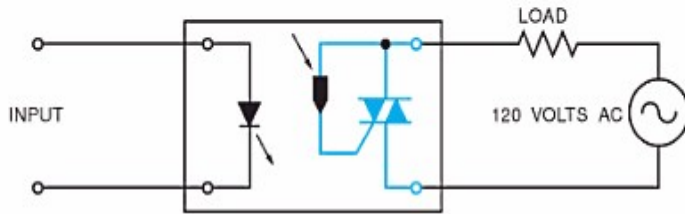


Gambar 2.11 Diagram skematik *solid state relay* (Herman dan Sparkman, 2009).

SSR dapat digunakan untuk mengontrol baik beban DC maupun beban AC. Jika relay dirancang untuk mengontrol beban DC, maka transistor daya digunakan untuk menghubungkan beban dengan sumber tegangan seperti ditunjukkan pada gambar 2.12.(a). SSR yang ditunjukkan pada gambar tersebut memiliki LED yang terhubung pada masukan atau tegangan kontrol. Ketika tegangan masukan membuat LED menyala, sebuah detektor cahaya yang terhubung pada kaki basis dari transistor akan membuat transistor *on* dan menghubungkan beban dengan sumber tegangan. SSR yang akan digunakan sebagai pengontrol arus AC memiliki triac yang terhubung dengan rangkaian beban di posisi yang sama seperti transistor daya seperti ditunjukkan pada gambar 2.12.(b). Sebagai contoh, sebuah LED digunakan sebagai perangkat kontrol seperti pada contoh sebelumnya. Ketika detektor cahaya mendeteksi cahaya dari LED, maka detektor cahaya tersebut akan memicu gerbang *gate* dari triac sehingga beban akan terhubung dengan sumber tegangan (Herman dan Sparkman, 2009).



(a) Transistor daya digunakan untuk mengontrol beban DC



(b) Triac digunakan untuk mengontrol beban AC

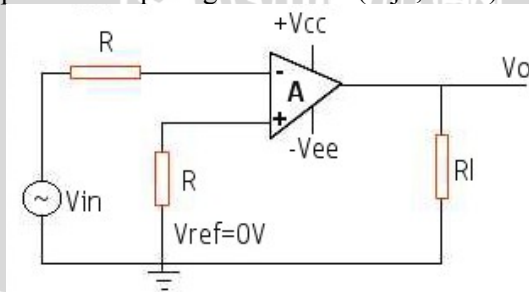
Gambar 2.12 Jenis elemen pensaklaran pada SSR (Herman dan Sparkman, 2009).

SSR sangat ideal untuk diaplikasikan secara luas karena memiliki karakteristik kinerja sebagai berikut (Allen - Bradley , 2002) :

- SSR mampu melakukan operasi pensaklaran dengan frekuensi peralihan ON / OFF yang tinggi
- SSR tidak memiliki kegagalan kontak
- SSR menghasilkan sedikit kebisingan, bahkan tidak menghasilkan kebisingan sama sekali.

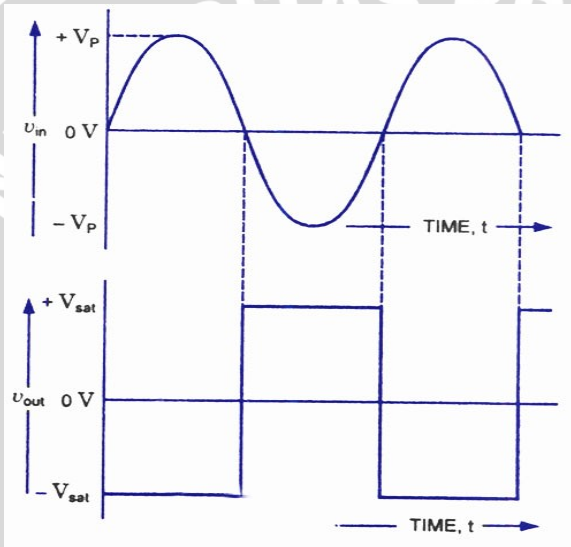
2.8 Rangkaian Pembanding Zero Crossing Detector

Zero crossing detector adalah salah satu aplikasi dari komparator. Rangkaian komparator dasar yang digunakan sebagai *zero crossing detector* tersedia jika V_{ref} diatur pada posisi nol. *Zero crossing detector* menggunakan komparator op-amp masukan *inverting* diperlihatkan pada gambar 2.13 (Jojo, 2009).



Gambar 2.13 Rangkaian pembanding pembalik *zero crossing detector* (Thomas, 2012).

Gambar 2.13 di atas menunjukkan rangkaian pembanding pembalik yang digunakan sebagai *zero crossing detector*. Bentuk tegangan keluaran V_o dimulai ketika sinyal masukan melewati 0 volt dengan polaritas yang berlawanan dengan sinyal masukan. Misalnya, sinyal keluaran V_o menjadi negatif ketika sinyal masukan melewati nol mengarah ke positif. Sebaliknya, ketika V_o menjadi positif ketika sinyal masukan melewati nol dan mengarah ke negatif (Thomas, 2012).



Gambar 2.14 Bentuk sinyal masukan dan keluaran pada rangkaian pembanding *zero crossing detector* (Thomas, 2012).

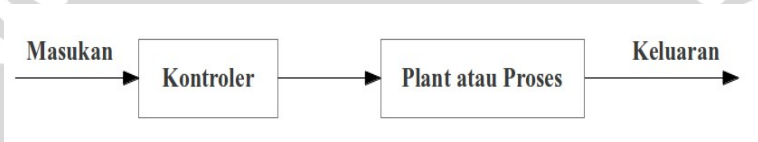
2.9 Sistem Kontrol

Menurut Pakpahan (1994), Sistem kontrol merupakan suatu proses pengaturan atau pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (variabel, parameter) agar berada pada suatu nilai atau dalam suatu rangkaian nilai (*range*) tertentu. Tujuan utama dari suatu sistem pengendalian adalah untuk mendapatkan optimisasi. Hal tersebut dapat diperoleh berdasarkan fungsi dari sistem kontrol itu sendiri, yaitu: pengukuran (*measurement*), perbandingan (*comparison*), pencatatan dan perhitungan (*computation*), dan perbaikan (*correction*) (Pakpahan, 1994).

Secara umum sistem kontrol dapat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu (Ogata, 1994):

1. Sistem Kontrol Lup Terbuka

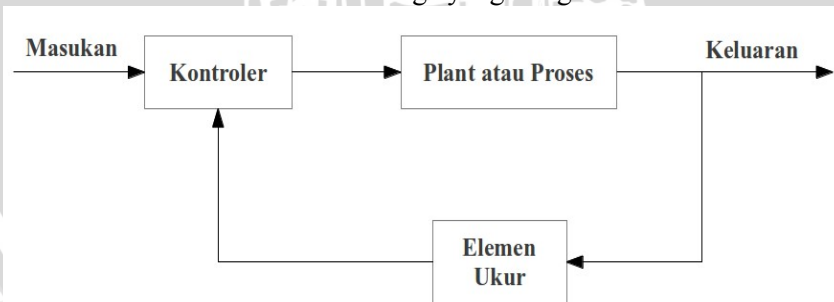
Sistem kontrol lup terbuka adalah sistem kontrol yang keluarannya tidak berpengaruh pada aksi pengontrolan. Jadi pada sistem kontrol lup terbuka keluaran tidak diukur dan diumpan-balikkan untuk dibandingkan dengan masukan. Sehingga untuk setiap masukan acuan, terdapat suatu kondisi operasi yang tetap. Sehingga untuk mendapatkan sistem yang teliti diperlukan suatu kalibrasi. Adanya gangguan pada sistem kontrol lup terbuka dapat menyebabkan sistem tidak dapat bekerja seperti yang diinginkan.



Gambar 2.15 Sistem kontrol lup terbuka (Ogata, 1994).

2. Sistem Kontrol Lup Tertutup

Sistem kontrol lup tertutup adalah sistem kontrol yang sinyal keluarannya diukur dan diumpanbalikkan untuk dibandingkan dengan masukan. Sehingga mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan. Sinyal koreksi merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik, diumpankan ke pengontrol untuk memperkecil *error* dan untuk membuat keluaran sistem mendekati harga yang diinginkan.



Gambar 2.16 Sistem kontrol lup tertutup (Ogata, 1994).

2.9.1 Kontrol On-Off

Dalam sistem pengontrolan dua posisi, elemen penggerak hanya mempunyai dua posisi tetap, yang dalam beberapa hal merupakan posisi “on” dan “off”. Kontrol on-off relatif sederhana dan murah, oleh karenanya banyak digunakan dalam sistem kontrol di industri maupun di rumah-rumah (Ogata, 1994).

Misal sinyal keluaran kontroler adalah $m(t)$ dan sinyal kesalahan penggerak adalah $e(t)$. Pada kontrol dua posisi, sinyal $m(t)$ akan tetap pada harga maksimum atau minimumnya, bergantung pada tanda sinyal kesalahan penggerak, positif atau negatif, sedemikian rupa sehingga

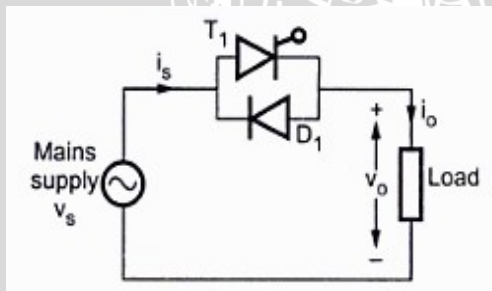
$$m(t) = M1 \quad \text{untuk } e(t) > 0 \quad (2.6)$$

$$m(t) = M2 \quad \text{untuk } e(t) < 0 \quad (2.7)$$

dimana $M1$ dan $M2$ adalah konstanta. Harga minimum, $M2$, biasanya nol atau $-M1$ (Ogata, 1994).

2.9.2 Kontrol Fase

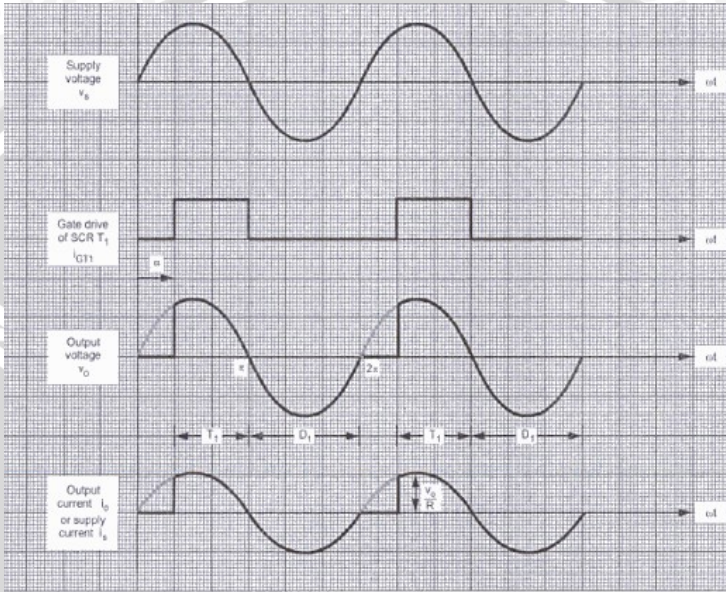
Kontrol sudut fase merupakan metode pengontrolan tegangan AC dimana bagian dari setiap siklus tegangan suplai dihubungkan pada beban. Kontrol ini dicapai dengan saklar statis. Nilai RMS dari tegangan keluaran diatur dari porsi sudut fase setiap siklus tegangan suplai (Chitode dan Bakhsi, 2009).



Gambar 2.17 Pengontrol setengah gelombang satu fase (Pengontrol satu arah) (Chitode dan Bakhsi, 2009).

Pada gambar 2.17 terlihat bahwa ada satu SCR T_1 dan satu dioda antiparalel D_1 . Maka hanya setengah siklus positif saja dari

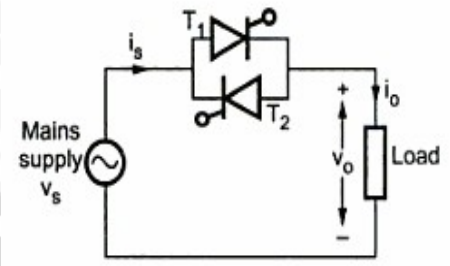
pasokan yang dikontrol. Setengah siklus negatif tidak dikontrol karena dioda D_1 mengkonduksi sepenuhnya (Chitode dan Bakshi, 2009).



Gambar 2.18 Bentuk gelombang dari pengontrol setengah gelombang satu fase (Chitode dan Bakshi, 2009).

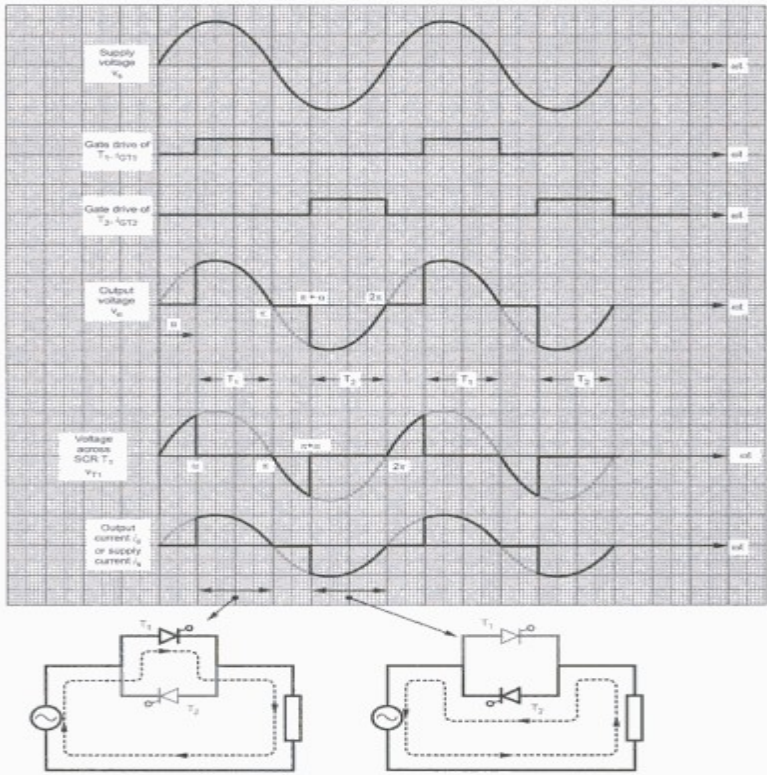
Gambar 2.18 menunjukkan bentuk gelombang dari rangkaian pengontrol setengah gelombang satu fase. Bentuk gelombang keluaran tersebut tidak simetris, karena keluaran masih memiliki komponen DC. Itu dapat membuat jenuh beban induktif seperti motor induksi, pompa dsb.

Keuntungan menggunakan pengontrol setengah gelombang satu fase adalah lebih sederhana karena hanya menggunakan satu buah SCR. Sedangkan kekurangannya adalah tegangan keluaran tidak terkontrol sepenuhnya, karena separuh siklus negatif tidak terkontrol oleh dioda D_1 . Kekurangan yang lainnya yaitu arus keluaran, arus suplai serta tegangan keluaran memiliki komponen DC, sehingga bermasalah bila menggunakan beban induktif (Chitode dan Bakshi, 2009).



Gambar 2.19 Pengontrol gelombang penuh satu fase (Pengontrol dua arah) (Chitode dan Bakhsi, 2009).

Gambar 2.19 menunjukkan rangkaian dari pengontrol gelombang penuh satu fase. Memiliki 2 buah SCR yang disimbolkan T_1 dan T_2 . Pada separuh siklus positif SCR T_1 mengontrol pasokan daya yang mengalir ke beban. Dan pada separuh siklus negatif SCR T_2 mengontrol pasokan daya yang mengalir ke beban. Bentuk gelombang masukan dan keluaran dari rangkaian pengontrol gelombang penuh satu fase ditunjukkan pada gambar 2.20.



Gambar 2.20 Bentuk gelombang dari pengontrol gelombang penuh satu fase untuk beban resistif (Chitode dan Bakhsi, 2009).

Bentuk gelombang arus keluaran untuk beban resistif ditunjukkan pada gambar 2.20. Bentuk gelombang ini memiliki kesamaan dengan bentuk gelombang tegangan. Arus keluaran dan arus suplai mengalir pada lup yang sama. Terlihat bahwa bentuk gelombang tegangan dan arus adalah simetris. Karena tidak ada komponen DC dalam v_o , i_o dan i_s (Chitode dan Bakhsi, 2009).

Kelahiran pengontrol gelombang penuh satu fase adalah memungkinkan untuk mengontrol tegangan keluaran secara penuh dari nol hingga nilai maksimumnya. Keluaran yang terkontrol pada separuh siklus positif dan separuh siklus negatif disebabkan oleh adanya dua buah SCR yang dipasang secara antiparalel (Chitode dan Bakhsi, 2009).

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

