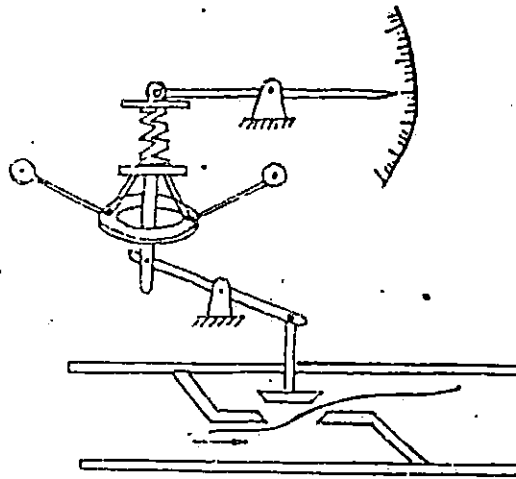


498/HD/86

PERPUSTAKAAN IKIP PADANG
KOLEKSI BIDANG ILMU
TIDAK DIPINJAMKAN
KHUSUS DIPAKAI DALAM PERPUSTAKAAN

DASAR SISTEM PENGATURAN



oleh
Drs. Amril

MILIK UPT. PERPUSTAKAAN
- IKIP - PADANG -

Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan
Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan
PADANG
1986

KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah kami panjatkan khadirat Allah S.W.T bahwa berkat kurnianya kami telah dapat menyusun buku Dasar Sistem Pengaturan ini. Buku ini disusun berdasarkan silabus mata kuliah Sistem Pengendali (Pengaturan) pada jurusan Pendidikan Teknik Elektronika dan Pendidikan Teknik Elektro FPTK IKIP Padang.

Isi buku ini hanya sebagian dari silabus yang tersedia yaitu hanya prinsip dasarnya saja yang dapat kami kemukakan disini, karena isi dari silabus tersebut terlalu banyak. Adapun tujuan dari buku ini agar mahasiswa dapat memanfaatkan atau sebagai buku pegangannya untuk mata kuliah Sistem pengendali agar dalam menyelesaikan studinya dengan baik.

Untuk memahami isi buku ini secara terperinci para mahasiswa atau pembaca minimal harus memiliki pengetahuan dasar listrik, dasar elektronika, dasar analisa rangkaian dan sebagainya. Tanpa mengetahui hal hal tersebut mahasiswa maupun pembaca yang berminat mengenai isi buku ini akan menimbulkan kesulitan dalam mengambil pengertiannya, karena materi yang terdapat dalam buku ini adalah merupakan kelanjutan dari pengetahuan dasar listrik dan elektronika .

Namunpun demikian kami yakin buku Dasar sistem pengaturan ini dapat membantu mahasiswa dan pembaca untuk meningkatkan hasil belajar mengajarnya dengan baik. Sungguh kita sadari dalam penulisan buku ini masih banyak terdapat kekurangannya, dan juga pematih telah mengatakan bahwa tidak ada gading yang tak retak dan manusia mempunyai sifat khilaf, maka dari itu kami mohon koreksi dan keritikan yang sehat agar untuk penulisan yang berikutnya dapat lebih sempurna.

Wassalam dan terima kasih.

DAFTAR ISI

BAB	Halaman
Halaman judul	1
Kata pengantar	ii
Daftar isi	iii
Daftar gambar	iv
Pendahuluan	1.
I. Dasar sistem pengaturan	3.
A. Sistem pengaturan tertutup	5
B. Sistem pengaturan terbuka	9
C. Sistem pengaturan Otomatis	12.
D. Pengaturan otomatis penggulung kertas	14
II. Transduser	16
A. Strain Gauge	17
B. Strain Gauge pengatur tinggi permukaan air.....	18
C. Pengatur suhu dengan thermostat bimetal	19
D. Thermostat pada kulkas	21.
E. Potensiometer	24
F. Detektor kesalahan	26
III. Thermistor	31.
A. Thermistor sebagai pengatur temperatur	33
B. Perencanaan alat ukur dengan thermistor	34
1. Pemilihan thermistor	35
2. Pemilihan nilai tahanan jembatan	36
3. Pemilihan tegangan batere	37
4. Pemilihan tahanan meter	37.
C. Thermistor sebagai pengatur tinggi permukaan air ...	44.

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	HALAMAN
1. Blok diagram pengaturan	4
2. Blok diagram pengaturan tertutup	5
3. Blok diagram sistem pengaturan otomatis.	7
4. Pengaturan motor	8
5. Blok diagram pengaturan terbuka,;,; ..	10
6. Pengaturan kecepatan	11
7. Sistem peluncuran proyektil	13
8. Penggulung kertas.	14
9. Rangkaian jembatan	17
a. Alat ukur dengan menerapkan kawat tegang	18
10. Bimetal	19
11. Bimetal perlengkapan motor	20
12. Instalasi kulkas	21.
13. Instalasi kulkas dengan thermistor	23
14. Potensiometer	24.
15. Rangkaian pembagi tegangan	25
16. Rangkaian jembatan dengan potensiometer	26
17. Rangkaian jembatan 4 buah tahanan	27
18. Pembagi tegangan	28
19. Sifat Thermistor	31
20. Rangkaian Thermistor	32
21. Blok diagram pengatur temperatur.....	33
22. Rangkaian jembatan sebagai pengatur temperatur ,...	35
23. Rangkaian pengganti jembatan	38
24. Rangkaian menggunakan panel digital	43
25. Rangkaian pengukur temperatur dengan thermistor ...	43
26. Blok diagram pengatur tinggi permukaan air	44.
27. a. Rangkaian jembatan dengan thermistor	47
b. Rangkaian penguat satu tingkat.....	47.

MILIK PERPUSTAKAAN IKIP PADANG	
DITERIMA TGL	23 - 11 - 1986
SUMBER/HARGA	Habiah
KOLEKSI	K1
NO INVENTARIS	498 / HR / 86 - 20 (2)
KLASIFIKASI	621.319 Amr 20

PENDAHULUAN

Sistem pengaturan adalah masalah yang banyak kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari, demikian juga didalam industri pengaturan ini sangat diperlukan sekali agar dengan teknik pengaturan ini dapat hasil produksi yang sebaik baiknya.

Pada jaman ini didalam dunia teknologi terasa sekali perkembangannya terutama teknologi elektronika telah mengunggulkan diri dari teknologi lainnya. Dan kalau kita tinjau pada industri industri yang berukuran besar selalu menggunakan alat elektronika sebagai pengontrol atau pengaturan proses kerja mesin mesin mekanik.

Pengertian teknik elektronika adalah suatu teknik yang menggunakan arus listrik dalam satu ruangan atau dalam rangkaian bahan semikonduktor. Pada mulanya teknik elektronika ini menggunakan tabung tabung vakum, dan sampai sekarang telah meningkat ke piranti bahan semikonduktor (transistor dan IC).

Keunggulan teknik elektronika ini dibandingkan dengan teknik yang lain ialah :

1. Komponen elektronika baik yang berupa tabung vakum maupun bahan semikonduktor adalah sangat peka kalau dibandingkan dengan rangkaian yang menggerakkan mekanik. Misalnya sakelar elektronik dapat menghidupkan dan mematikan jutaan kali dalam waktu 1 detik. Sedangkan hal seperti ini tidak dapat dilakukan oleh sakelar mekanik.
2. Rangkaian elektronika dapat membangkitkan radiasi kalau ia bekerja dengan kecepatan yang tinggi atau pada tegangan tinggi.

3. Rangkaian elektronika sangat peka terhadap suhu, cahaya (warna), bunyi dan sebagainya.
4. Rangkaian elektronika yang menggunakan bahan semikonduktor atau tabung dapat menanggapi signal yang kecil dan dapat memperkuat signal yang masih lemah.
5. Bahan semikonduktor dapat mensearahkan arus listrik bolak balik, dan begitu juga sebaliknya.

Berdasarkan keunggulan yang dimiliki oleh rangkaian elektronika yang tersebut diatas maka rangkaian elektronika ini banyak dipakai dunia industri. Industri industri saat ini sedang mencari cari bagaimana mencari proses kerja diindustri yang efisien dan cermat sehingga mendapatkan hasil produksi yang baik dan meningkat. Rangkaian elektronika yang banyak dipakai pada industri adalah sebagai pengganti perkakas elektromekanik yang konvensional dan untuk kelengkapan serta penyempurnaan pada industri itu.

Contohnya: Pengatur kecepatan, suhu, intensitas cahaya, volume bunyi dan sebagainya yang bekerja secara otomatis tanpa menggunakan tenaga manusia.

Disamping keunggulan itu masih banyak lagi keistimewaan dan keuntungan teknik elektronika ini diterapkan pada industri diantaranya ialah

1. Lebih ekonomis dalam pemakaiannya
2. Tahan dengan getaran
3. Lebih mudah diandalkan.
4. Lebih panjang umurnya. dan
5. Dapat beroperasi seketika tanpa membutuhkan pemanasan.

Dalam buku ini diuraikan hanya berupa pengaturan yang sederhana.

BAB I

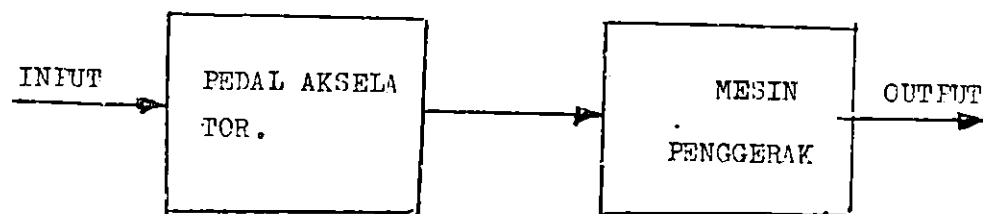
DASAR DASAR SISTEM PENGATURAN

Didalam kehidupan kita sehari hari tanpa disadari bahwa sistem pengaturan ini banyak sekali dijumpai dan yang kita lakukan. Pada umumnya sistem pengaturan banyak terpakai didalam dunia industri yang berukuran besar. Tujuan dari pengaturan yang banyak dipakai pada industri adalah untuk memperoleh hasil produksi yang berkualitas dan lancar dalam pengelolaannya. Pengaturan yang dipakai didalam industri itu adalah berupa mengatur pergerakan motor servo. Motor servo ini adalah hal yang sangat penting didalam teknik pengaturan, karena banyak sekali kaitannya dengan alat alat yang digunakan dalam industri. Pada zaman sekarang didalam industri untuk mengatur mesin mesin berat banyak sekali menggunakan teknik elektronika yang bersumber dari teknik listrik. Teknik listrik merupakan suatu teknik yang menghasilkan arus listrik dan dialirkan pada sepotong penghantar, misalnya untuk menggerakkan motor, menhidupkan lampu pijar sebagai penerangan, kompor listrik dan sebagainya. Sedangkan teknik elektronika adalah teknik listrik yang dialirkan pada bahan semikonduktor atau pada lampu T.L.

Contohnya: Lampu pijar bukanlah teknik elektronika, sebab arus yang mengalir dalam lampu pijar itu adalah melalui sepotong kawat. Tapi kalau arus yang dialiri pada lampu TL adalah merupakan teknik elektronika, karena cahaya yang dihasilkan oleh lampu TL itu akibat dari arus yang mengalir pada ruangan lampu TL diantara dua kutub lampu atau dua kutub elemen.

Komponen elektronika ini terdiri dari tabung vakum dan dari bahan semikonduktor dalam rangkaian listrik, kondensator, transformator, induktor dan motor.

Teknik elektronika ini banyak sekali terpakai dalam industri, karena teknik elektronika ini mempunyai keunggulan yang istimewa dan sangat membantu sekali dalam kelancaran jalannya industri, misalnya untuk menggerakkan motor, relay (sakelar) yang dapat menghubungkan dan memutuskan arus listrik. Teknik seperti ini dapat dilakukan dengan mengatur dari jarak jauh, membangkitkan radiasi dan dapat pula dengan cara mengindra temperatur. Pada prinsipnya sistem pengaturan ini banyak digunakan untuk mengatur mesin mesin penggerak mekanik yang dapat mengoperasikan sesuatu alat dengan kecepatan yang diinginkan. Misalnya untuk mengatur kecepatan sepeda motor, mobil yang dibawa oleh sipengemudi. Untuk mengetahui sudah sampai berapa kecepatan yang diperoleh oleh sipengemudi itu adalah dengan melihat speedometer dari sepeda motor atau mobil yang dibawanya. Untuk mengatur kecepatan ini adalah dengan mengatur tekanan pedal akselerator. Prinsip dasarnya dapat dibuatkan blok diagram seperti yang terlihat pada gambar 1.



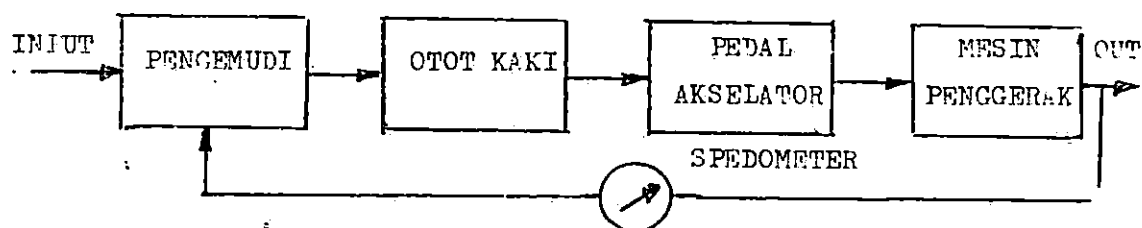
Gambar 1. Blok diagram pengaturan

Pada dasarnya sistem pengaturan ini mempunyai dua sistem yaitu :

1. Sistem pengaturan tertutup
2. Sistem pengaturan terbuka.

A. SISTEM PENGATURAN TERTUTUP

Sistem pengaturan tertutup adalah merupakan suatu proses pergerakan dalam suatu mesin yang dapat diketahui pergerakannya dengan menggunakan alat petunjuk yang memberitahukan pada operator. Pengertian sistem pengaturan tertutup ini dapat diambil salah satu contoh tentang seorang pengemudi sepeda motor atau mobil. Bila si pengemudi sepeda motor atau mobil itu telah mengatur suatu kecepatan yang diinginkan telah tercapai maka ia akan menetapkan pengaturan itu dengan tetap. Tapi bila kecepatan sepeda motor atau mobil itu belum mencapai kecepatan yang diinginkan maka si pengemudi akan mengatur kecepatan itu sampai tepat pada yang diinginkan. Untuk mengetahui kecepatan sepeda motor atau mobil itu adalah dengan melihat pada speedometernya. Sebagai blok diagram sistem pengaturan tertutup ini adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Blok diagram pengaturan tertutup.

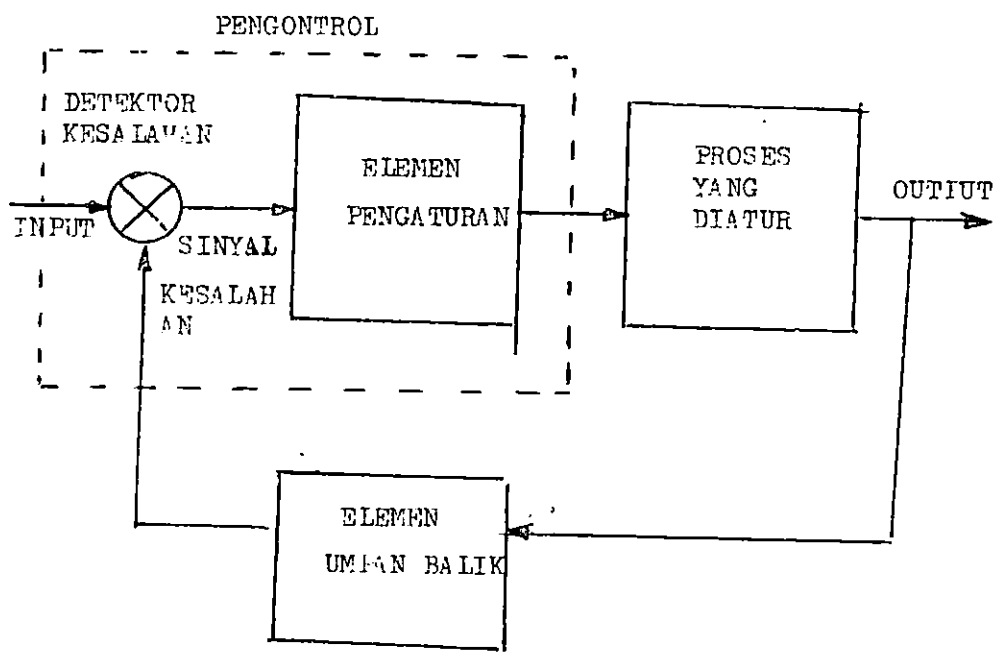
Pada gambar diatas dapat diambil suatu pengertian bahwa blok diagram tersebut dilengkapi dengan alat petunjuk speedometer yang merupakan unit umpan balik untuk si pengemudi. Umpan balik adalah suatu proses hasil keluaran dikembalikan kepada pemasukan, yang pengertian disini adalah hasil kecepatan diberitahukan pada si pengemudi.

Dari penjelasan tentang blok diagram diatas dapat diambil suatu kesimpulan atau perbedaan dari gambar nomor 1 dengan gambar nomor 2

Pada gambar nomor 1 adalah merupakan rangkaian yang terlepas atau terbuka . Di dalam sistem pengaturan tertutup ini selalu terdapat ko reksi atau pemberitahuan pada sipengemudi sepeda motor atau mobil yang merupakan rangkaian umpan balik. Sistem pengaturan yang diperlihatkan pada gambar 2 dimana rangkaian ini banyak dipergunakan di industri masa kini, dimana sistem ini selalu melibatkan manusia yang bertindak sebagai operator. sistem yang menggunakan manusia ini disebut juga dengan sistem pengaturan manuel. Kemudian pengaturan yang dilakukan oleh manusia ini biasanya masih terdapat kelemahannya dalam pengaturannya, karena kemampuan manusia tidak dapat secara langsung bereaksi atau dengan spontan bertindak mengontrol bila ada perubahan pada mesin. Perdasar hal yang demikian ini maka pengaturan yang menggunakan tenaga manusia berangsur angsur mulai dihilangkan atau ditinggalkan oleh orang.

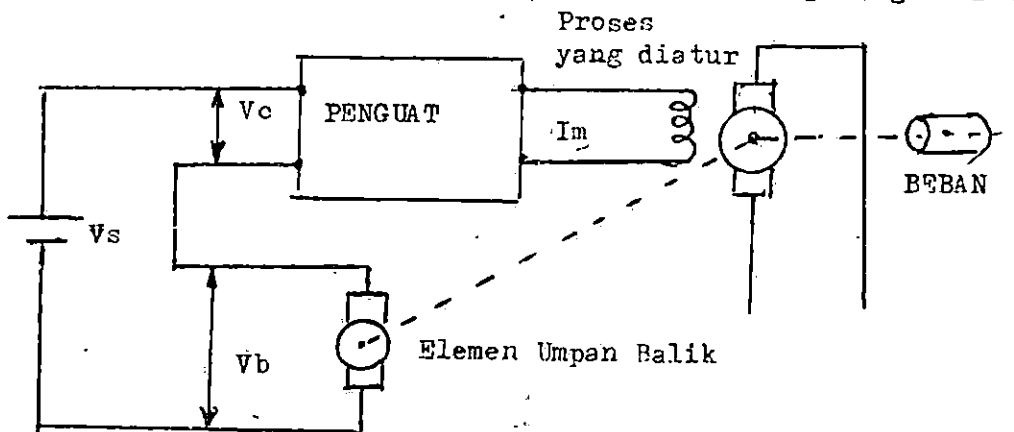
Untuk mengatasi kelemahan tenaga manusia yang kurang efektif ini dilakukanlah pengaturan yang mampu bekerja secara otomatis .

Pengaturan otomatis ini banyak menggunakan tehnik elektronika yang saat sangat pesat sekali perkembangannya. Kalau kita telaah dimasa yang lampau bahwa tehnik elektronika yang bertindak sebagai penguat arus maupun tegangan selalu menggunakan tabung vakum dan sekarang pengganti tabung itu telah ditransfer ke transistor dan integretet circuit. Dalam kenyataanya dengan menggunakan pengaturan otomatis ini dapat dikontrol atau diatur dengan baik tentang peroses yang dilakukan pada industri. Pengaturan otomatis dapat digambarkan secara blok pada gambar 3.



GAMBAR 3. Blok diagram sistem pengaturan otomatis.

Dalam pengontrolan yang diperlihatkan pada gambar 3 terlihat perbedaan dimana diantara kedua sinyal yang disebut dengan sinyal kesalahan. Apabila terjadi perubahan kondisi maka yang bertindak sebagai pengontrol sinyal akan mengurangi besarnya kesalahan tersebut. Salah satu contoh yang paling mudah untuk dimengerti tentang pengendali otomatis ini adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.



Gamabr4. Pengatur motor.

Pada gambar diatas adalah suatu rangkaian yang mengontrol kecepatan motor yang sangat sederhana. Yang sebagai pengontrol perputaran kecepatan motor adalah poros yang terdapat pada outputnya. Besar tegangan yang dirasakan oleh tachogenerator atau elemen umpan balik adalah $V_b = K.t.W_c$ sebanding dengan kecepatan poros.

Dimana : V_b = Tegangan pada tachogenerator.

K_t = Bilangan konstan

W_c = Kecepatan poros berputar.

Besar tegangan sumber catu daya (V_s) ditentukan oleh besar kecepatan perputaran motor yang diinginkan. Untuk lebih mudah pengertian kita tentang operasinya sistem pengontrol otomatis ini dapat kita

umpamakan kecepatan poros berputar adalah sebesar 1000 rpm dan te - yang diperoleh oleh $V_s = 100$ volt, $K_t = 0,01$ volt/rpm . Berdasarkan rumus hukum kirchoff yang kedua maka besar tegangan yang ter dapat pada V_a dapat dihitung yaitu $V_a = V_s - V_b$.

$$100 - V_b.$$

Dimana besar tegangan V_b dapat dicari $V_b = K_t \cdot \omega$.

$$= 0,01 \cdot 1000 \text{ rpm.}$$

$$= \underline{10 \text{ Volt}}$$

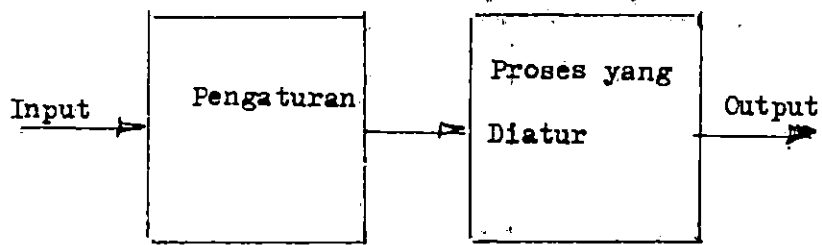
Jadi tegangan pada V_a adalah $100 - 10 \text{ Volt} = \underline{90 \text{ Volt}}$.

Apabila terjadi gangguan pada rangkaian diatas maka dapat mengaki batkan nilai bebah berkurang sehingga perputaran pada poros menje di naik . Dengan naiknya perputaran poros ini maka tegangan yang dialami oleh V_b juga menjadi besar sehingga tegangan pada V_a beru bah menjadi kecil. Karena tegangan pada V_c kecil maka arus yang pada kumparan kecil sehingga kuat medan yang terdapat pada kumpar an kecil dan daya puntir pada motor juga menjadi berkurang seperti menjadi semula. Tachogenerator (tahanan Umpan balik) akan bekerja berdasarkan perubahan perputaran poros.

B.

SISTEM PENGATURAN TERBUKA

Seperti yang telah diuraikan diatas bahwa perinsip kerja yang tidak dapat mengoreksi langsung secara otomatis pada perubahan, maka sistem pengaturan yang demikian ini disebut dengan sistem pengaturan terbuka. Sistem pengaturan terbuka ini dapat anda per hatikan pada gambar 5 dibawah ini secara Blok diagram.



Gambar 5. Blok diagram pengaturan terbuka.

Pada sistem pengaturan terbuka yang diperlihatkan pada gambar diatas bahwa sinyal inputnya tetap dan outputnya juga akan tetap. Besar output akan berubah apabila pada inputnya berubah seperti apa yang diinginkan. Untuk lebih jelasnya sebagai perbandingan antara sistem pengaturan tertutup dan sistem pengaturan terbuka dapat kita ambil salah satu contoh yaitu tentang pengaturan lalu lintas di jalan raya pada sebuah persimpangan dua atau lebih. Pengaturan kendaraan di jalan raya itu disebut dengan lampu stop atau Trafik Light yang terdiri dari lampu warna hijau, merah dan kuning. Dari warna lampu yang hidup itu dapat menentukan boleh jalan, berhenti dan hati-hati. Lama waktu yang menyala lampu itu tersebut ditentukan oleh relay waktu. Pengaturan yang dilakukan oleh trafik light ini adalah merupakan sistem pengaturan terbuka, dimana pengaturan ini tidak memperhitungkan perubahan beban lalu lintas yang terdapat pada persimpangan jalan tersebut. Bila lamanya waktu menyala lampu pada trafik light itu ditentukan oleh beban atau banyaknya kendaraan pada kedua persimpangan itu maka prinsip seperti ini dinamakan sistem pengaturan tertutup.

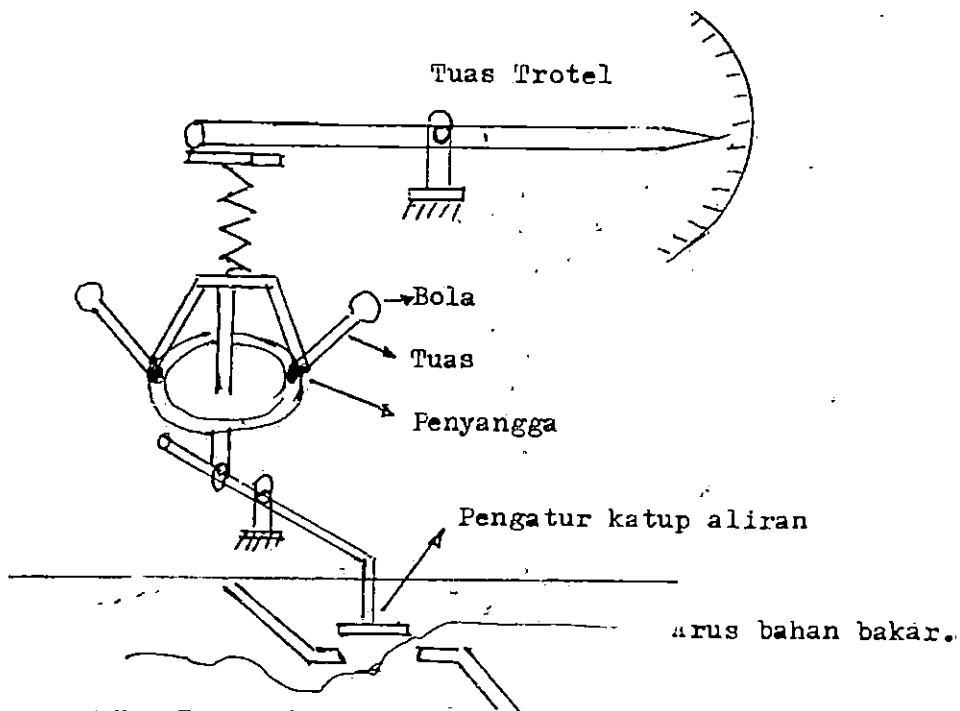
Contoh yang lain dapat kita ambil misalnya pada pesawat radio

dengan kecepatan bahan bakar pada mesin.

Trotel atau tuas diatur pada kecepatan yang diinginkan dengan cara menempatkan posisi tuas seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.

Gaya sentrifugal bola diteransmisikan pada bagian bawah per.

Bila kondisi seperti ini sudah menunjukkan tetap (konstan) maka gaya sentrifugal bola akan seimbang dengan gaya pegasnya.



Gambar 6. Pengaturan kecepatan .

yang sedang didengar atau kita sedang mendengar suara tape rekorder. Apabila bunyi radio itu terlalu keras yang kurang enak didengar oleh telinga, tentunya kita berusaha mengecilkan suara radio tersebut dengan cara memutar tombol pengatur volume suara yang terdapat radio atau pada tape rekorder.

Begitu juga sebaliknya bila kita ingin memperbesar atau memperkeras suara suatu radio itu adalah dengan melakukan cara yang sama yaitu memutar tombol volume pada radio itu.

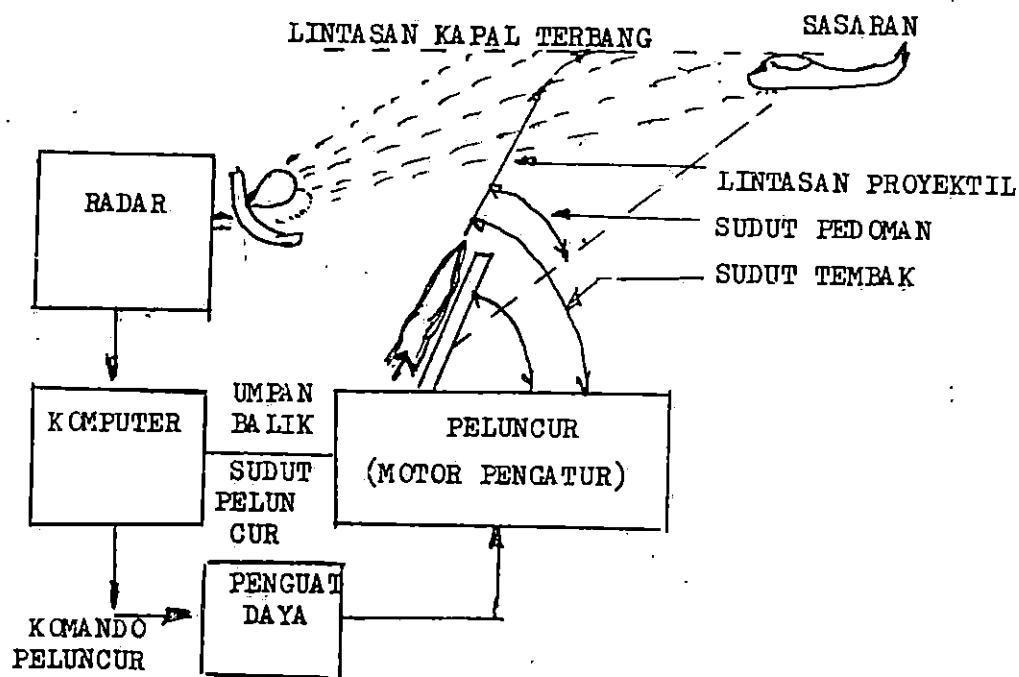
Pengatur yang demikian ini bukanlah suatu pengaturan otomatis atau pengaturan tertutup tapi adalah suatu pengaturan terbuka.

Kemudian disamping contoh yang lain adalah seperti mengatur cahaya lampu dimmer, mengatur kran air, mengatur kecepatan kipas angin dan sebagainya. Pengaturan dengan sistem terbuka maupun dengan sistem pengaturan tertutup masih belum banyak menguntungkan bagi pemakainya atau masih terdapat kelemahan.

C. PENGATURAN OTOMATIS

Sistem pengaturan otomatis seperti yang ditunjukkan pada gambar 4 adalah lebih efektif dari pada sistem pengaturan tertutup dan sistem pengaturan terbuka. Sistem pengaturan otomatis ini pada umumnya telah berkembang dan juga telah banyak dipergunakan orang pada pertengahan abad ke 18. Misalnya yang kita jumpai sistem pengaturan regulator yaitu mengatur mesin uap yang ditemukan oleh James Watt pada tahun 1770. Sistem pengaturan otomatis tentang mesin uap ini adalah seperti yang diperlihatkan pada gambar 6 yang menggunakan bola regulator. Pada gambar tersebut merupakan sistem pengaturan otomatis yang sangat sederhana sekali dimana proses pengeluaran sebanding

kemudian pengaturan arus dapat mempertahankan kecepatan perputaran mesin seperti yang diinginkan. Pada perang dunia ke II dirasakan sangat perlu sekali menggunakan pengaturan otomatis ini pada pesawat terbang. Misalnya pengaturan posisi alat perang meriam, sistem lintas radar, dimana kesemuanya ini menginginkan dapat bekerja secara otomatis agar alat alat tersebut dapat bekerja lebih efektif. Alat perang yang dapat bekerja secara otomatis sebagai salah satu contoh dapat dilihat pada gambar 7



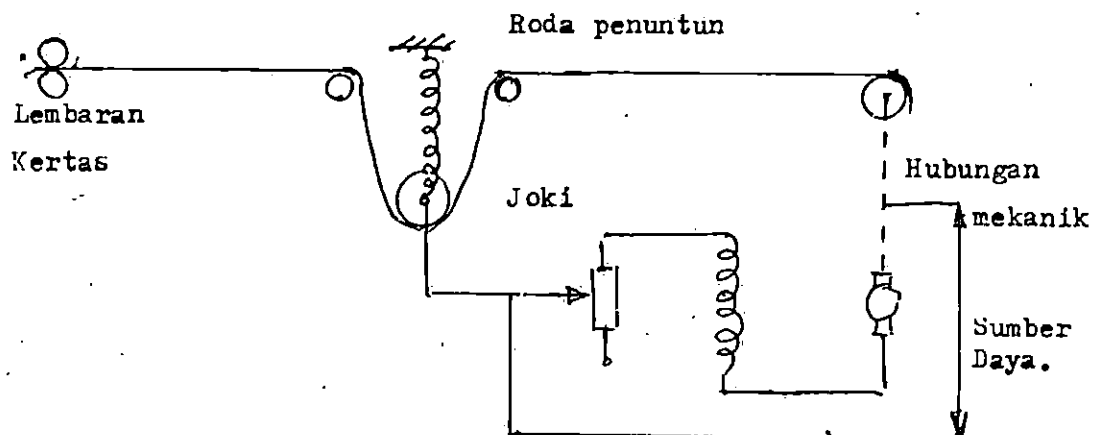
Gambar 7 : Sistem peluncuran proyektil.

Pada gambar diatas menunjukkan suatu sistem proyektil yang banyak di pergunakan oleh serdadu angkatan perang dimasa kini, dimana alat alat tersebut disusun sedemikian rupa yang terdiri dari pesawat radar komputer, penguat daya, peluncur proyektil. Susunan alat tersebut dapat bekerja secara umpan balik. Pergerakan pesawat terbang yang melintasi daerah yang bisa ditangkap oleh radar dan kemudian disalur

ke unit komputer untuk diproses atau diolah sehingga mendapatkan sudut penembakan yang tepat pada pesawat yang melintasi daerah itu. Proses terjadinya peluncuran peluru ke arah pesawat terbang tersebut adalah demikian; isaat sinyal atau getaran pesawat itu ditangkap oleh radar ,lalu sinyal tersebut disalurkan ke komputer untuk diprog ram atau dikontrol,karena sinyal yang dihasilkan oleh komputer itu masih lemah dan belum sanggup untuk menggerakkan peluncuran maka di tambahlah satu penguat daya untuk memperkuat sinyal yang dihasilkan oleh komputer.Sinyal yang telah diperkuat oleh penguat daya disalur kan ke blok motor penggerak peluncur. Setelah motor penggerak pelun cur itu mulai hidup maka sinyal tersebut dikembalikan lagi ke kompu ter untuk menyesuaikan apakah sudut penemuan bidang sasarannya sudah tepat. Jika sudut peluncur itu sudah tepat motor peluncur melepaskan penembakan pada pesawat terbang tersebut..

D. PENGATURAN OTOMATIS PENGGULUNGAN KERTAS

Pengaturan otomatis penggulungan kertas seperti yang diperlihatkan pada gambar 8 dibawah ini sudah banyak terdapat dalam industri industri besar,dan sampai saat ini sistem ini masih tetap dipergunakan dan dikembangkan.



Gambar 8. Penggulung Kertas.

Pada gambar 6 menunjukkan suatu tehnik penggulungan kertas dengan mencapai hasil yang cukup baik, dimana setiap penarikan kertas dapat berjalan dengan konstan. Bila tegangan yang dihasilkan oleh motor kurang tegang, motor yang menggulung kertas tentunya akan kurang pula, sehingga mengakibatkan hasil gulungannya kurang padat. Demikian kalau tegangan atau tarikannya terlalu kuat mengakibatkan kertas yang digulung itu akan robek. Dengan sistem seperti ini diharapkan pada penggulungan kertas tersebut dalam penarikan kertasnya dapat konstan. Untuk mendapat hal yang demikian lebarannya kertas yang dilewatkan melalui dua buah roda penuntun dan satu joki jangan sampai kendur. Roda joki untuk mengatur tarikan pada penggerakan kearah vertikal dan ditunjang oleh kertas dan sebuah per. Setiap ada perubahan tarikan atau tegangan pada kertas akan menggerakkan joki kearah vertikal dan menggerakkan kertas pada keadaan tarikan yang kuat, dan turun bila daya tarikan kertas turun. Pergerakan vertikal ini digunakan untuk mengatur arus medan pada motor yang mengatur kecepatan pada penggulungan kertas tersebut.

BAB II

TRANSDUSER .

Transduser adalah suatu alat yang dapat merubah dari suatu gejala menjadi gejala yang lain, misalnya suatu pergerakan mekanik dapat menjadi gejala listrik atau sebaliknya dari gejala listrik dapat berubah menjadi gejala mekanik. Pada umumnya transduser ini banyak diketemui pada buku yang mengenai tentang pengaturan servo.

Transduser untuk sistem servo ini ialah mengubah informasi yang bukan listrik menjadi getaran listrik dan kemudian diumpan balikkan pada operator. Informasi yang bukan listrik misalnya : suhu, cahaya dan sebagainya. Sebuah contoh yang sangat jelas mengenai tentang transduser ini adalah lampu listrik mengubah tenaga listrik menjadi cahaya dan begitu juga sebaliknya cahaya bisaberubah menjadi gejala listrik. Dari contoh diatas dapat kita ambil suatu kesimpulan bahwa pengertian transduser ini adalah dari suatu informasi dirobah menjadi informasi yang lain. Suatu alat yang dapat merubah sifat (karakteristik) dengan hasil yang sama maka sifat seperti ini tidak dapat dikatakan transduser, karena gejala yang diterima sama dengan gejala yang keluar. Contohnya: Sebuah amplifier yang berfungsi sebagai penguat suara. Dimana pada amplifier itu yang dimasukkan pada inputnya atau pada mikropon adalah sinyal suaranda yang keluar pada outputnya atau pada loudspeker juga merupakan getaran suara. Yang terdapat perbedaan pada amplifier ini adalah tinggi amplitudo yang masuk tidak sama dengan amplitudo yang keluar, dimana amplitudo yang masuk kecil dan amplitudo yang keluar lebih tinggi dari yang masuk.

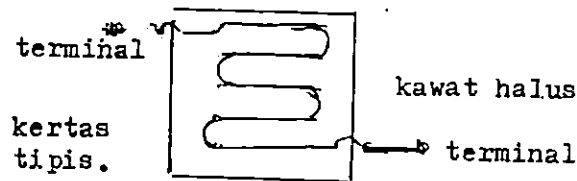
Yang termasuk dalam sifat transduser ini adalah seperti:

STRAIN GAUGE

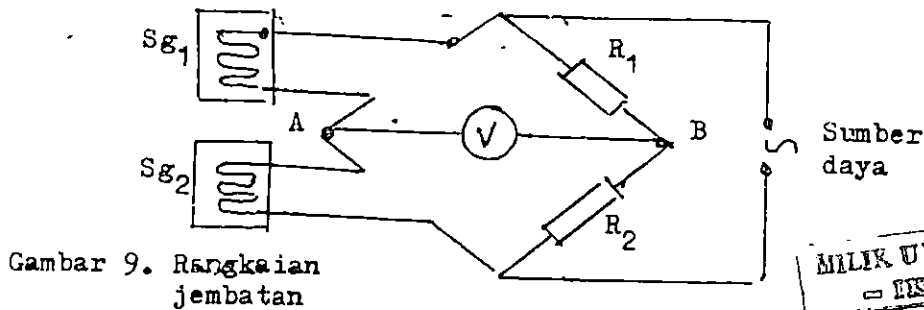
KK1
621.319
Amr
di

A. STRAIN GAUGE

Strain gauge adalah sebuah komponen yang terdiri kawat penghantar yang tipis sekali yang dilengketkan pada sehelai kertas tipis yang bentuknya seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Kertas yang tempat melekat kawat halus itu diletakan pada sebuah logam, apabila batang logam itu ditekan maka kawat halus itu akan tegang dan berubah pula nilai tahanannya. Kalau komponen ini digunakan untuk rangkaian jembatan maka kawat yang halus itu ditambah satu lagi dan ditempatkan pada batang logam. Rentangan kawat ini dimasukan ke dalam rangkaian jembatan seperti yang terlihat pada gambar 9.



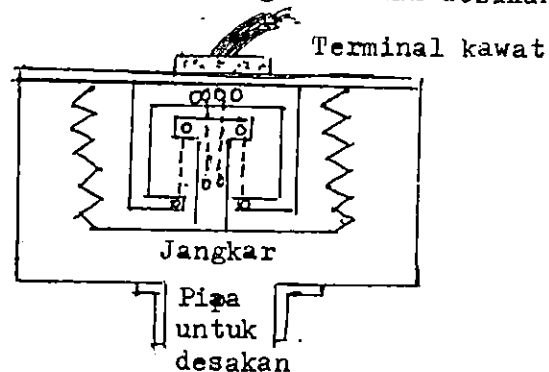
Gambar 9. Rangkaian jembatan

MILIK UPT. PERPUSTAKAAN
- IKIP - PADANG -

Strain Gauge ini dimanfaatkan untuk mengubah perubahan mekanik yang kecil menjadi sinyal listrik. Biasanya kawat halus ini diletakan sehelai kertas yang berukuran 2X3 Cm dan dilekatkan pada benda yang hendak diukur tegangan mekaniknya. Bila kawat dalam keadaan tegang nilai tahanannya akan berubah secara perlahan lahan, sehingga kalau di pakai pada rangkaian jembatan maka akan terlihat perbedaan potensial. Untuk melihat perbedaan potensial ini digunakan oscilloscope, karena tegangan yang dihasilkan sangat kecil sekali.

B. STRAIN GAUGE PENGATUR TINGGI PERMUKAAN AIR

Strain Gauge adalah sebuah alat pengatur tinggi permukaan dengan menggunakan sistem ketegangan kawat, nilai tahanan yang terdapat pada kawat yang dalam keadaan kendur tidak sama dengan nilai kawat yang dalam keadaan tegang. Teknik strain gauge ini adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar 9. Dimana alat strain gauge ini terdiri dari kawat, jangkar dan pipa untuk menghantarkan desakan.



Gambar 9. Alat ukur dengan menerapkan kawat tegangn.

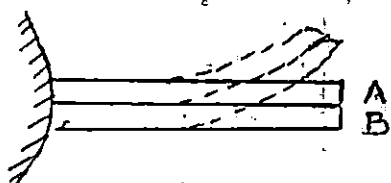
Pada gambar diatas terlihat sebuah jangkar digantungkan pada kerangka kawat yang halus, dimana kawat halus itu direntangkan pada bagian atas dan pada bagian bawah jangkar. Pada jangkar itu melekat sebuah wadah yang dapat mengembang dan mengempis dikarenakan desakan air.

Hal yang demikian ini dapat membuat kawat menjadi kendur dan menegang sehingga nilai tahanan yang dialam oleh kawat itu akan berubah. Dengan sifat yang demikian ini bila dihubungkan dengan 4 buah tahanan yang berbentuk rangkaian Jembatan Wheatstone, maka rangkaian tersebut dapat membuat rangkaian yang tidak setimbang. Tidak setimbangnya rangkaian jembatan akan menimbulkan perbedaan potensial pada 2 titik untuk meproses keunit yang lain.

Perubahan nilai tahanan dapat diketahui dengan cara mengukur dengan alat ukur atau ohm meter. Alat ukur tinggi permukaan seperti yang dilakukan ini adalah untuk mengukur desakan atau tekanan lebih kurang 750 Kg/Cm^2 .

C. PENGUKURAN SUHU DENGAN THERMOSTAT BIMETAL.

Bimetal suatu alat yang dipergunakan untuk mengatur suhu dalam suatu ruangan. Bimetal ini banyak terdapat pada alat pendingin atau kulkas. Bimetal ini dibuat dari bahan logam yang terdiri dari 2 jenis logam, dimana kedua logam yang terdapat pada bimetal berbeda koefisiennya yang satu dengan logam yang lainnya. Sifat dari sebuah logam apabila dipanaskan maka ia akan memuai. Misalnya sebatang logam kita panaskan maka ia akan berubah menjadi panjang dari keadaan semula. Pemuaian seperti ini dinamakan pemuaian linier atau pemuaian panjang. Pemuaian linier ini terdapat pada bimetal. Pada bimetal yang kemukakan disini atau yang terlihat pada gambar 10, yaitu terdiri dua

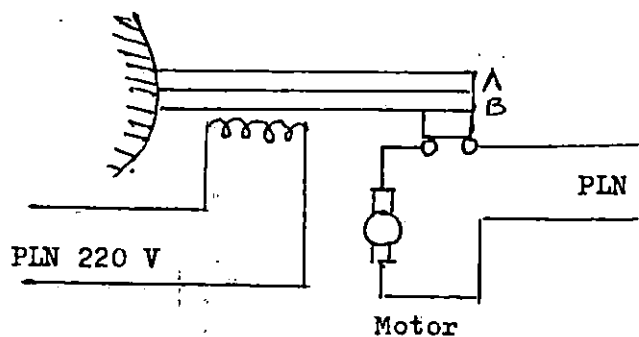


Gambar 10. Bimetal

buah logam yang berlainan koefisiennya. Yang satu logam kita namakan dengan logam A dan logam yang lain kita namakan logam B. Kedua logam ini dilas sampai melengkak menjadi satu benda.

Kemudian batang logam AOB itu dipanaskan sehingga suhu logam meningkat dan kedua logam tersebut terjadi pemuaian. Karena kedua logam berlainan koefisiennya. Yang mempunyai koefisien yang besar akan cepat terjadi pemuaian yang efektif dan cepat menjadi panjang.

Batang logam yang mempunyai koefisien yang rendah maka proses pemuaiannya agak lambat dari logam yang mempunyai koefisien yang tinggi atau besar. Sehingga logam bimetal ini akan terjadi membengkok. Dengan adanya perubahan yang membengkok ini akan mengakibatkan terjadi pembuka atau penutup yang merupakan sakelar. Bila suhunya agak rendah maka logam tersebut tidak membengkok dan hal ini tidak akan terjadi perubahan pada proses unit yang sedang bekerja. Thermostat bimetal ini bila diinginkan untuk petunjuk temperatur sangat baik sekali, terutama untuk perlengkapan dalam mesin pendingin atau kulkas yang berfungsi untuk menghindari kebakaran pada motor listrik yang terdapat kulkas. Proses kerja bimetal dapat anda perhatikan pada gambar 11



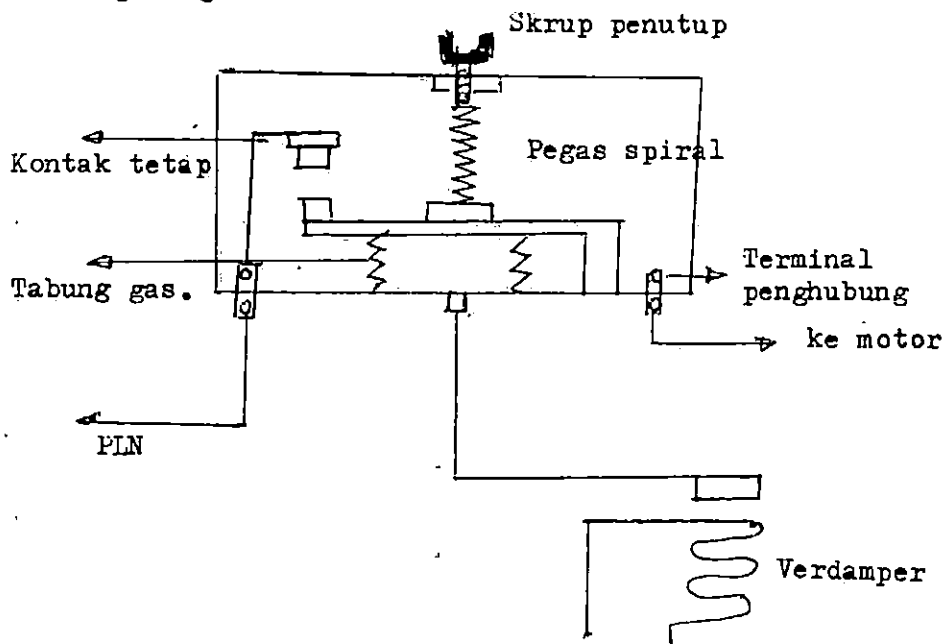
Gambar 11. Bimetal perlengkapan motor.

Dari gambar diatas ditunjukkan bahwa logam bimetal ini dihubungkan ke sumber arus listrik PLN 220 Volt AC, sehingga terlihat motor listrik akan terlihat hidup. Kemudian bila arus listrik yang mengalir pada kawat pemanas tidak sampai membengkokkan bimetal keatas maka motor listrik masih tetap berjalan atau dalam keadaan hidup. Pada saat seperti yang sudah ditetapkan kawat yang dialiri oleh arus listrik akan panas maka logam bimetal itu akan membengkok ke

keatas sehingga motor listrik berhenti bekerja. Kemudian selang beberapa detik motor listrik itu berhenti logam bimetal berubah kembali lurus dan menghubungkan atau mengkontak kembali seperti semula dan motor listrik kembali bekerja atau hidup kembali.

D. THERMOSTAT PADA KULKAS

Thermostat adalah suatu alat yang bekerja sebagai penghubung dan pemutus arus listrik secara otomatis didalam suatu rangkaian tertutup. Didalam pemakaian Thermostat ini banyak terdapat pada alat mesin pendingin atau Kulkas. Bila temperatur yang dihasilkan oleh kulkas itu masih dibawah dari yang sudah ditetapkan maka alat pendingin ini masih tetap bekerja atau mengalirkan gas. Tapi bila temperaturnya diatas dari yang sudah ditetapkan atau dalam arti kata cukup dingin maka motor berhenti bekerja secara otomatis. Cara kerja dari Thermostat ini dapat anda perhatikan pada gambar 12



Gbr 12. Instalasi Kulkas.

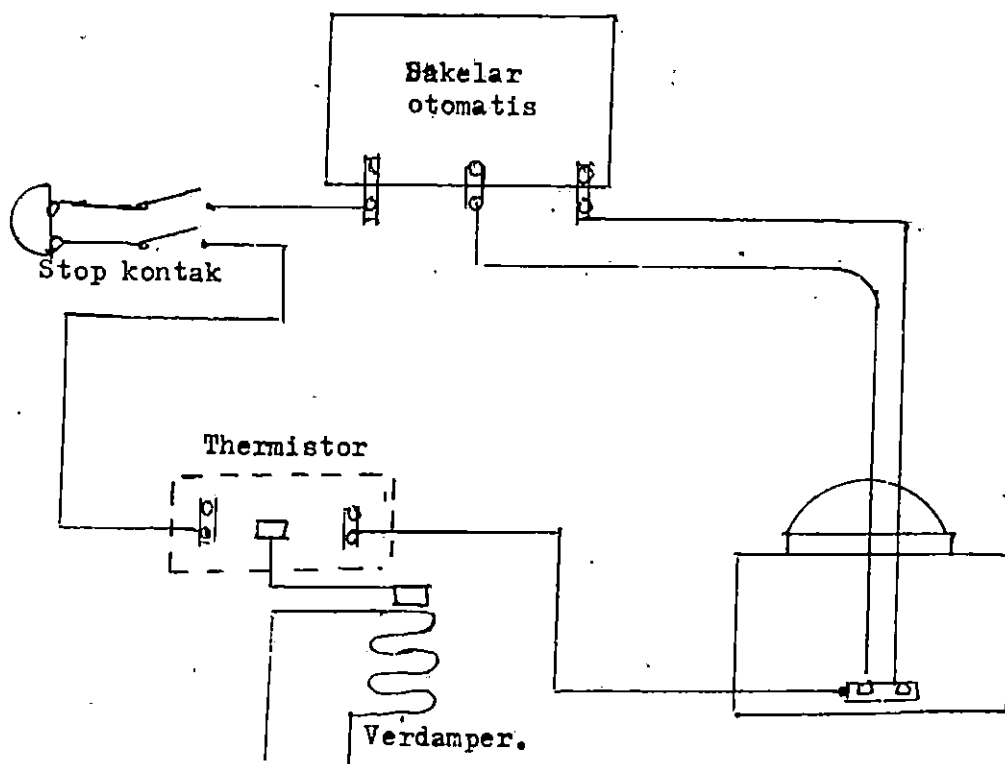
Pada gambar 12 diperlihatkan susunan alat mesin pendingin yang terdiri dari sebuah tabung yang berisikan gas. Tabung gas itu dilengkapi dengan sebuah pipa yang ujung luarnya dalam keadaan tertutup yang berhubungan dengan verdamper. Diatas tabung gas itu diletakkan sebuah plat dan pada bagian ujung kawat diletakkan tombol tembaga yang merupakan sebagai kontak atau sakelar untuk penghubung dan memutuskan arus listrik. Kemudian diatas ujung plat itu ada sebuah kontak penghubung tetap dan diatas tabung gas diletakkan sebuah pegas spiral yang dilengkapi dengan skerup pengatur yang berfungsi sebagai pengatur tekanan gas. Bila kita menginginkan temperatur dalam kulkas yang lebih dingin caranya adalah mengatur skerup pengatur sehingga pegas spiral menjadi lemah. Dengan lemahnya pegas spiral tersebut mengakibatkan kontak tidak mudah terlepas dari hubungan listrik sehingga motornya hidup terus dan akhirnya kulkas menjadi lebih dingin.

Begitu juga sebaliknya jika kita menginginkan kulkas pada temperatur yang tidak terlalu dingin maka yang kita lakukan memutar skerup pengatur kearah yang lebih kencang sehingga spiral tersebut kuatpula menahan gas. Tekanan gas yang kuat itu akan memudahkan kontak penghubung motor listrik terlepas dan memudahkan pula memberhentikan putarannya sehingga temperatur dalam kulkas kurang dingin. Untuk memudahkan pengertian kita tentang prinsip kerja thermostat ini dapat diperhatikan pada gambar 13

Pada saat kulkas sudah dihidupkan dan temperatur kulkas sudah diatur dalam posisi yang kurang dingin maka kontak thermostat berhubungan dengan arus listrik PLN sehingga motor hidup. Dengan hidupnya motor listrik tersebut terjadilah pergerakan kompresor dan disaat

11.000.000.000
 BADANG

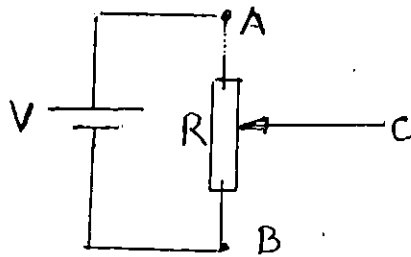
itu lama kelamaan verdamper menjadi dingin sekali. Temperatur yang diproses oleh Verdamper menjadi dingin akan mempengaruhi pipa B sehingga gas feron yang terdapat dalam tabung gas menjadi menyusut. Dengan menyusutnya gas feron ini mengakibatkan pe gas spiral akan menekan gas kebawah dan akhirnya kontak menjadi terlepas hubungannya. Kemudian lama kelamaan dalam waktu beberapa detik verdamper menjadi kurang dingin dan gas feron yang terdapat dalam tabung gas memuai naik keatas dan kontak penghubung tertutup kembali. Disaat kontak sudah terhubung maka arus listrik mengalir kembali ke motor untuk memutar kompresor dan kulkas pun beroperasi kembali untuk mendinginkan kulkas.



Gbr 13. Instalasi kulkas.dengan thermistor

E. POTENSIMETER

Potensiometer adalah sebuah komponen tahanan nilainya dapat bervariasi dari nilai minimum sampai maksimum. Bentuk simbol dari potensiometer tersebut adalah seperti yang terlihat pada gambar 14.



Gambar 14. Potensiometer.

Bila sebuah potensiometer dihubungkan dengan sumber daya DC seperti yang diperlihatkan pada gambar diatas dan arus listrik mengalir pada potensiometer itu sebesar :

$$I = \frac{V}{R} = \text{Amper.}$$

Dimana I = Arus dalam amper.

V = Tegangan dalam volt.

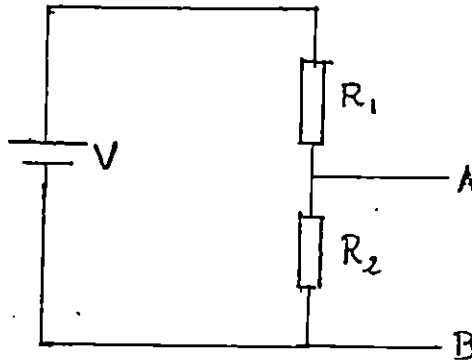
R = Tahanan dalam Ohm.

Karena potensiometer mempunyai kaki 3 buah maka nilai yang bervariasi adalah pada kaki tengah terhadap kaki yang pada bagian pinggirnya.

Besar tegangan pada kaki C terhadap kaki B bisa dicari dengan menggunakan hukum Ohm atau langsung dengan rumus pembagi tegangan :

$$\text{yaitu } V_{C-B} = \frac{R_{cb}}{R_{ac} + R_{cb}} \times V_s.$$

Untuk memudahkan pengertian kita dalam menggunakan potensiometer ini dapat kita buat persamaan rangkaian tersebut dengan membuat sebuah potensiometer menjadi dua tahanan seperti pada gambar 15.



Gambar 1b. Rangkaian pembagi tegangan

$$V_{A-B} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_s$$

Atau

$$I = \frac{V_s}{R_1 + R_2}$$

$$V_{A-B} = I \times R_2$$

Maka

$$V_{A-B} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_s.$$

Contoh :

Bila tahanan $R_1 = 2 \text{ K}$, $R_2 = 4 \text{ K}$ dan besar tegangan sumber $V_s = 6 \text{ volt}$.

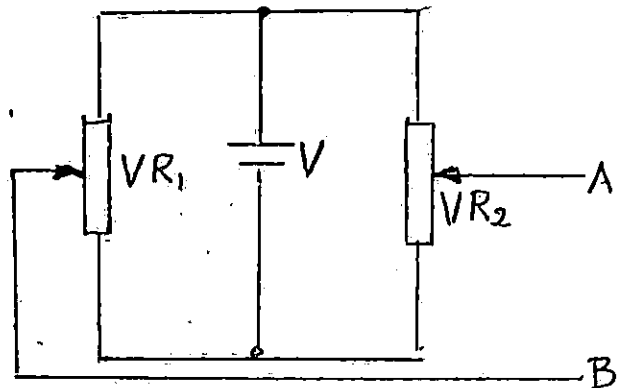
Tentukanlah besar tegangan yang terdapat pada titik A dan B.

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Tegangan } V_{A-B} &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_s \\ &= \frac{4}{6} \times 6 \text{ Volt} \\ &= 4 \text{ Volt.} \end{aligned}$$

F. DETEKTOR KESALAHAN

Karena potensiometer bisa digunakan untuk mengatur tegangan pada sebuah rangkaian listrik, maka dalam hal ini dibahas beberapa jenis detektor kesalahan dengan menggunakan potensiometer sebanyak 2 buah yang merupakan rangkaian jembatan. Salah satu dari sekian banyak rangkaian yang menggunakan potensiometer adalah seperti yang terlihat pada gambar 16.

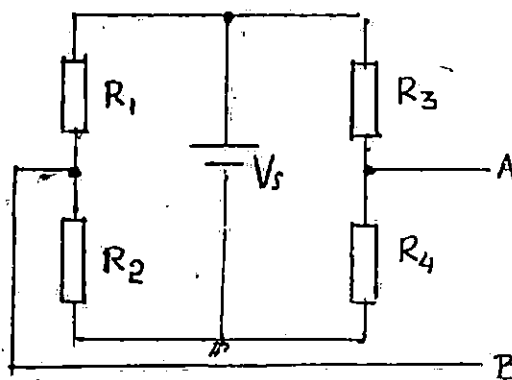


Gambar 16. Rangkaian Jembatan.

Pada rangkaian diatas terlihat potensiometer tersebut dihubungkan paralel dengan sumber catu daya DC. Masing masing tehanan dilengkapi dengan kontak geser yang bergerak dari satu sisi ke sisi yang lain. Output rangkaian tersebut diambil pada terminal A dan terminal B, bila posisi terminal A sama dengan posisi terminal B maka pada output nya tidak menghasilkan tegangan, atau tegangan sama dengan Nol. Tapi bila terminal A terletak pada posisi diatas dan terminal B terletak dibawah maka kedua terminal akan menimbulkan perbedaan potensial atau terminal bagian A mempunyai polaritas positif terhadap ground dan terminal B negatif terhadap ground. Andaikata kedua terminal A-B terletak diatas berarti keduanya akan mendapat tegangan positif maka pada outputnya sama dengan Nol.

Begitu juga kalau kedua terminal A-B ini terletak pada bagian bawah berarti keduanya mendapat tegangan negatif, maka hal ini akan sama dengan yang diatas yaitu pada outputnya tidak menghasilkan tegangan atau outputnya adalah nol.

Bila kedua terminal A-B digerakan samapai $1/3$ dari atas atau digeserkan kebawah maka hasil kedua terminal itu mendapatkan tegangan yang sama. Kondisi yang demikian ini disebut dengan dalam keadaan setimbang atau kondisi nol. Bila ada perbedaan letak antara kedua terminal A-B ini walupun sekecil mungkin maka rangkaian akan memberikan tegangan pada outputnya. Misalnya terminal A terletak ditengah tengah dan terminal B terletak dibawah sedikit dari terminal A maka rangkaian ini akan menghasilkan tegangan pada outputnya. Untuk menganalisa rangkaian jembatan ini dapat dibuat rangkaian persamaanya yaitu sebuah potensiometer dibuatkan dua buah tahanan, sehingga dari rangkaian potensiometer itu dapat dibuatkan rangkaian seperti gambar 17.

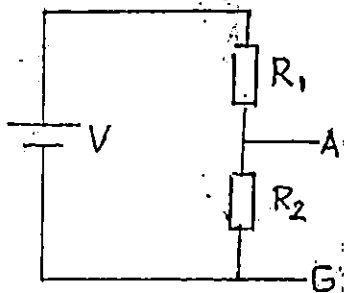


Gambar 17. Rangkaian Jembatan.

Dari rangkaian diatas untuk menganalisanya pertama tama yang kita perhatikan adalah hubungan tahanan R_1 dan R_2 yang dihubungkan dengan sumber catu daya V_s seperti yang diperlihatkan pada gambar 18.

Sedangkan hubungan tahanan R_3 dan R_4 untuk sementara diabaikan.

Berdasarkan rangkaian yang diperlihatkan pada gambar 18 dapat dicari besar arus yang mengalir pada tahanan R_1 dan R_2 .



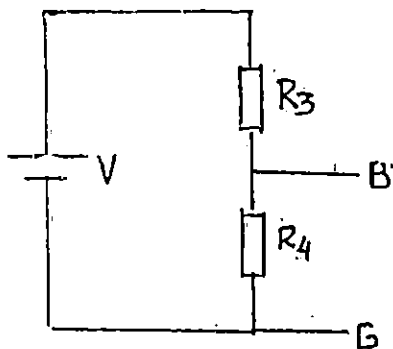
Gambar 18. P. Tegangan.

$$I = \frac{V}{R_1 + R_2}$$

$$V_{A-G} = I \times R_2$$

$$= \frac{R_2 \times V}{R_1 + R_2}$$

Terudian setelah diketahui besar tegangan pada R_2 atau V_{A-G} lalu kita cari besar tegangan pada R_4 yang terdiri dari tahanan R_3 dan R_4 yang berhubungan dengan sumber catu daya dengan cara yang sama. Bentuk rangkaiannya adalah seperti yang diperlihatkan pada gambar 19.



$$V_{B-G} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \times V.$$

Dari kedua persamaan diatas dapat diketemukan besar tegangan yang terdapat pada titik A - B yaitu:

$$V_{A-B} = V_{A-G} - V_{B-G}$$

$$= \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V - \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot V.$$

$$V_{A-B} = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) V$$

Setelah besar tegangan pada titik A-B lalu kita cari pula besar tahanan yang terdapat pada titik A-B. Untuk mencari besar tahanan A-B ini pertama tama kita cari dulu besar tahanan A-G dimana sumber daya rangkaian gambar 18 dihubung singkat sehingga didapat :

$$R_{A-G} = R_2 // R_1$$

Dan begitu juga tahanan R_{B-G} yaitu :

$$R_{B-G} = R_4 // R_3$$

sehingga R_{A-B} didapat

$$\begin{aligned} R_{A-B} &= R_2 // R_1 + R_4 // R_3 \\ &= \frac{R_2 \cdot R_1}{R_2 + R_1} + \frac{R_4 \cdot R_3}{R_4 + R_3} \end{aligned}$$

Untuk mencari kuat arus yang mengalir dari sumber catu V_{A-B} adalah besar tegangan yang dimiliki pada titik A-B dibagi dengan tahanan R_{A-B} yaitu :

$$\begin{aligned} I &= \frac{V_{A-B}}{R_{A-B}} \\ &= \frac{\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot V}{\frac{R_2 \cdot R_1}{R_1 + R_2} + \frac{R_4 \cdot R_3}{R_3 + R_4}} \end{aligned}$$

$$I = \frac{(R_2 - R_4)}{R_2 \cdot R_1 + R_4 \cdot R_3} \times V$$

Contoh:

Bila sebuah rangkaian jembatan seperti yang terlihat pada gambar rangkaian dibawah ini dimana besar nilai tahanan $R_1 = 2 \text{ K}$, $R_2 = 4 \text{ K}$, $R_3 = 6 \text{ K}$, $R_4 = 8 \text{ K}$ dan sumber catu daya 12 Volt. Tentukan besar arus yang mengalir pada tahanan R_5 yang bernilai 100 Ohm.

Jawab :

$$V_{B-C} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V = \frac{4 \cdot 12 \text{ V}}{6} = 8 \text{ V.}$$

$$V_{A-C} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \times V = \frac{8 \cdot 12}{14} = 5 \frac{3}{7} \text{ V}$$

Lalu kita cari pula besar tahanan pada titik A-B.

$$R_{A-B} = R_1 // R_2 + R_3 // R_4$$

$$= \frac{8}{6} \text{ K} + \frac{48}{14} \text{ K}$$

$$\approx 4,7 \text{ K}$$

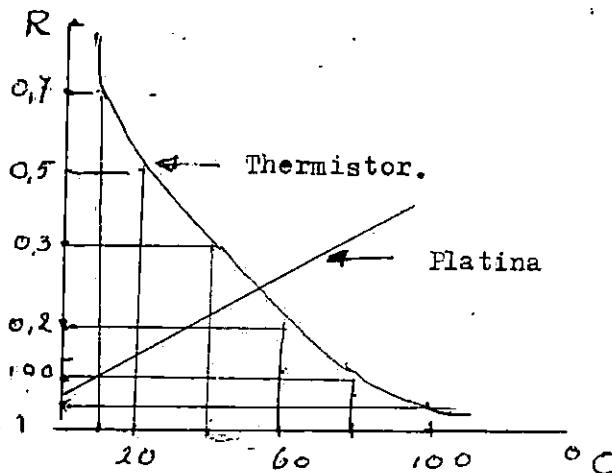
Arus yang mengalir pada tahanan R_5

$$I = \frac{V_{A-B}}{R_{A-B} + R_5} = 0,5 \text{ mA.}$$

BAB III

THERMISTOR

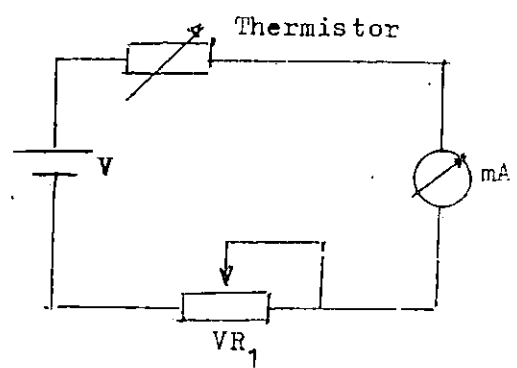
Thermistor adalah suatu komponen semikonduktor yang mempunyai koefisien suhu negatif dan mempunyai koefisien suhu positif. Komponen yang mempunyai koefisien suhu negatif disebut dengan NTC dan yang mempunyai suhu positif disebut dengan PTC. Komponen thermistor ini sangat peka sekali terhadap perubahan temperatur (suhu) disekelilingnya. Thermistor ini dibuat dari bahan campuran yang terdiri dari bahan mangan, kobalt dan oksida nikel dengan perbandingan tertentu. Bentuk fisik dari komponen thermistor ini kebanyakan yang kita jumpai adalah berbentuk cincin dan berbentuk bola. Sifat thermistor ini berkaitan dengan temperatur atau nilai tahanannya berlawanan dengan temperatur, semakin panas yang dirasakan thermistor ini semakin kecil nilai tahanannya. Berdasarkan sifat ini dapat dilukiskan bentuk grafiknya seperti yang terlihat pada gambar 19 dibawah ini.



Gambar 19. Sifat Thermistor.

Dari gambar diatas sangat jelas dan nyata benar perbedaan antara koefisien suhunya. Semakin tinggi suhu yang dialami thermistor ini maka semakin kecil nilai tahanan yang terdapat pada komponen tersebut.

Sebagai contoh tentang pemakaian komponen thermistor dapat dipergunakan sebagai pengukuran suhu atau temperatur. Bentuk rangkaiannya sangat sederhana sekali seperti yang ditunjukkan pada gambar 20 .



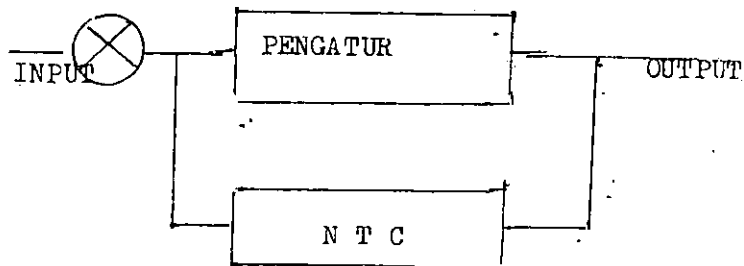
Gambar 20. rangkaian thermistor.

Dari rangkaian yang terlihat pada gambar 20 di atas, adalah merupakan suatu rangkaian hukum Ohm yang menggunakan tahanan thermistor, yang dihubungkan seri dengan potensiometer dengan sebuah sumber catu daya baterai 10 volt. Besar arus yang mengalir pada rangkaian di atas akan ditentukan besar nilai tahanan thermistor dan nilai tahanan potensiometer. Apabila temperatur yang dirasakan oleh thermistor naik maka nilai tahanan akan mengecil sehingga kuat arus yang mengalir pada rangkaian semakin besar. Kemudian dari hasil-hasil di atas dapat diambil suatu kesimpulan yang dapat dituliskan sebagai berikut.

SUHU	R_{ther} Chm	RT	I mA
60	85	95	105
80	39	44	204
100	20	30	333
120	12	22	455

A. THERMISTOR SEBAGAI PENGATUR TEMPERATUR.

Secara umum pengatur temperatur ini dapat digambarkan dengan blok diagram adalah seperti yang terlihat pada gambar 21.



Gambar 21. Blok diagram pengatur temperatur.

Dari rangkaian blok diagram diatas komponen pengatur yang digunakan adalah NTC yang ditempatkan pada sebuah wadah tersendiri. Komponen NTC pada rangkaian tersebut berfungsi sebagai sensor ditempatkan bersamaan dengan alat ukur thermometer sebagai alat umpan balik bagi operator. Kegunaan thermometer pada rangkaian blok adalah merupakan petunjuk keadaan temperatur yang terdapat pada NTC ditempatkan. Atau bisa juga bila kita menggunakan alarm sebagai petunjuk atau per tanda yang memberitahukan pada petugas bahwasanya temperatur yang terdapat pada ruangan telah melebihi dari yang sudah ditetapkan. Dari blok diagram diatas pada prinsipnya dasarnya dapat diuraikan bahwa pada waktu suhu yang dirasakan oleh NTC belum mencapai batas yang sudah ditetapkan rangkaian tersebut belum bekerja atau alarm yang dihubungkan pada rangkaian belum berbunyi. Tapi bila temperatur yang dirasakan oleh NTC naik dari yang sudah ditetapkan maka rangkaian baru bekerja dan alarm yang terhubung pada rangkaian berbunyi memberitahukan pada kita bahwasanya temperatur diruangan telah naik.

B. PERENCANAAN ALAT UKUR DENGAN THERMISTOR.

Alat ukur yang digunakan dengan thermistor ini adalah komponen yang peka terhadap suhu negatif atau NTC. Hubungan nilai tahanan dan temperatur pada thermistor NTC merupakan hubungan yang eksponensial yang dapat didekati dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_T \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)$$

$$R_T = R_0 e .$$

Dimana

R_T = Nilai tahanan pada $T^\circ \text{K}$

R_0 = Nilai tahanan pada $T_0^\circ \text{K}$

β = suatu harga tertentu yang tergantung pada thermistor.

e = Bilangan dasar logaritma natural yaitu 2,718

$T^\circ \text{K}$ = Temperatur Absolut derajat kelvin

$$(T^\circ \text{K} = 273 + t^\circ \text{C})$$

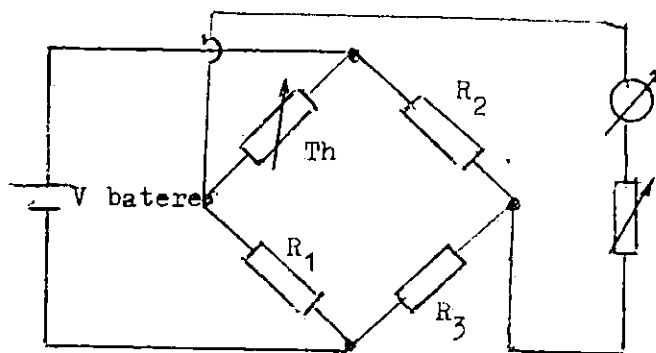
Harga numerik dari β merupakan konstanta yang tergantung pada jenis bahan dan pada umumnya berkisar antara 3000°K sampai 5000°K . Harga β ini didapat atau diketahui dari buku teknik.

Nilai R_0 pada buku data teknik biasanya dituliskan sebagai nilai tahanan thermistor tersebut pada temperatur 25°C atau 298°K .

Apabila β dan R_0 dari thermistor telah diketahui maka nilai tahanan untuk temperatur yang lain dapat dihitung dengan menggunakan persamaan diatas. Apabila buku data teknik tidak ada maka nilai tahanan thermistor dapat diukur dapat menggunakan Ohm meter.

Seperti yang telah diketahui diatas bahwa hubungan nilai tahanan dan temperatur pada thermistor NTC bukanlah merupakan hubungan

yang linier melainkan eksponensial. Sekarang bagaimanakah caranya membuat alat pengukur temperatur yang linier dengan menggunakan thermistor yang tidak linier. Banyak cara yang dapat digunakan untuk keperluan ini. Salah satu cara yang sederhana yaitu dengan bantuan rangkaian jembatan Wheatstone seperti yang terlihat pada gambar 22



Gambar 22. Rangkaian jembatan Wheatstone sebagai alat pengukur temperatur.

Agar supaya diperoleh alat ukur temperatur dengan linieritas, ketelitian dan kepekaan yang baik maka ada pula beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu antara lain ialah :

Thermistor yang digunakan .

Pemilihan nilai tahanan dengan rangkaian jembatan.

Pemilihan nilai tegangan sumber catu daya.

Pemilihan nilai tahanan meter.

1. PEMILIHAN THERMISTOR.

Secara umum dapat dikatakan bahwa thermistor dengan nilai tahanan tinggi (100 K sampai 500K pada 25°C) digunakan temperatur tinggi (150°C sampai 300°C).

Thermistor dengan nilai tahanan menengah (2K sampai 75K pada 25°C) digunakan untuk temperatur menengah (50°C sampai 150°C). Kemudian Thermistor dengan nilai tahanan rendah (100 Ohm sampai 10 K pada 25°C) digunakan untuk temperatur rendah (-75°C sampai 50°C).

Untuk memperoleh hasil pengukuran yang cepat sebaiknya dipilih thermistor yang mempunyai ketetapan waktu yang kecil. Pada umumnya thermistor yang demikian nilainya ketetapan waktu kecil lebih mahal harganya. Oleh sebab itu dalam pemakaiannya haruslah dilakukan kompromi. Bila temperatur yang diukur mengalami perubahannya lambat dan waktu pengukuran tidak perlu terlalu cepat, tapi cukuplah digunakan thermistor dengan ketetapan waktu puluhan detik.

Pada pengukuran temperatur yang diharapkan pada perubahan nilai tahanan thermistor dan hanya tergantung pada temperatur luar yang akan diukur, maka untuk mendapatkan hasil pengukuran yang baik sebaiknya pengaruh panas dari batere harus kecil. Untuk keperluan hal ini perlulah diperhatikan ketetapan disipasi dari thermistor (Ketapan disipasi adalah sejumlah daya yang dibutuhkan thermistor yang akan menyebabkan temperatur thermistor naik 1°C lebih tinggi dari pada temperatur sekelilingnya). Untuk keperluan ini diperlukan ketetapan waktu disipasi yang besar dan mempunyai ketetapan waktu yang besar pula, sehingga dalam prakteknya haruslah ada kompromi pada antara pemilihan harga ketetapan waktu dan ketetapan disipasi disesuaikan dengan kebutuhan.

2. PEMILIHAN NILAI TAHANAN JEMBATAN

Thermistor yang digunakan untuk mengukur temperatur biasanya diletakan pada salah satu lengan dari rangkaian jembatan tersebut.

Kalau kita ambil saja seperti rangkaian jembatan gambar 2 di atas dan agar linieritas dan kepekaan pengukuran yang baik maka tahanan R_2 dan R_3 harus nilainya sama dengan nilai tahanan thermistor pada temperatur menengah yang dikehendaki. Sedangkan nilai tahanan R_1 harus sama dengan nilai tahanan thermistor pada temperatur terendah dari daerah pengukuran.

Contoh: Misalkan daerah pengukuran temperatur yang diinginkan adalah 0°C sampai 50°C . Maka tahanan R_1 nilainya sama dengan nilai tahanan thermistor pada 0°C . Kemudian tahanan R_2 sama dengan tahanan R_3 nilainya sama dengan tahanan thermistor pada 25°C .

3. PEMILIHAN NILAI TEGANGAN BATERE .

Pemilihan tegangan batere harus mempertimbangkan ketetapan disipasi thermistor dan tingkat ketelitian dari temperatur yang akan diukur :

$$V_{\text{batere}} = 2 \sqrt{PR}$$

dimana

R = Nilai tahanan thermistor pada temperatur tengah dari daerah pengukuran.

P = Daya Thermistor (jika ketetapan waktu disipasi thermistor $2 \text{ mW}/^{\circ}\text{C}$ dan hanya dikehendaki terjadi OFF set maksimum $0,1^{\circ}\text{C}$, maka harga $P = 0,2 \text{ mW}$).

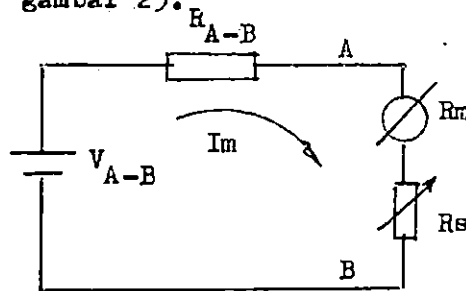
4. PEMILIHAN NILAI TAHANAN METER. ($R_m + R_s$)

Pada dasarnya meter yang terdapat pada rangkaian jembatan adalah untuk mengukur ketidak seimbangan yang dihasilkan pada rangkaian jembatan yang diakibatkan karena adanya perubahan tahanan ther

mistor seperti yang diketahui. Perubahan tahanan thermistor ini disebabkan oleh adanya perubahan temperatur disekitar thermistor.

Meter yang dapat menunjukkan adanya perubahan temperatur yang diukur atau dengan perkataan lain, penunjukan meter adalah sebagai penunjuk temperatur. Meter penunjuk ini dapat digunakan panel meter analog atau panel meter digital. Panel meter analog biasanya merupakan mikroampermeter. Sedangkan panel meter digital biasanya merupakan milli volt meter. Mikro amper meter pada umumnya mempunyai tahanan dalam meter berkisar antara 500 Ohm sampai 2,5 K. Dan ini juga tergantung pada pabrik yang membuatnya. Sedangkan panel meter digital pada umumnya mempunyai tahanan dalam berkisar 10 Mega Ohm atau lebih.

Apabila kita menggunakan mikrometer diharapkan memperoleh linieritas yang baik, berdasarkan percobaan besarnya tahanan $R_m + R_s$ kira kira 8-12 kali tahanan thermistor pada temperatur maksimum daerah pengukuran yang direncanakan. Untuk memudahkan pengertian dalam perhitungannya maka rangkaian pada gambar 22 diatas dapat disederhanakan menjadi rangkaian gambar 23.



Gambar 23. Rangkaian pengganti jembatan Wheatstone.

Besar tegangan thevenin pada terminal A-B

$$V_{A-B} = \frac{R_2}{R_2 + R_{th}} - \frac{R_3}{R_1 + R_3} \quad V_{batere}.$$

Tahanan pada terminal A-B.

$$R_{A-B} = R_2 // R_{th} + R_3 // R_1$$

Atau

$$R_{A-B} = \frac{R_2 \cdot R_{th}}{R_2 + R_{th}} + \frac{R_3 \cdot R_1}{R_3 + R_1}$$

Arus yang mengalir pada rangkaian adalah

$$I_m = \frac{V_{A-B}}{R_{A-B} + R_m + R_s}$$

Berdasarkan rumus diatas untuk menghitung besarnya tegangan batere yang dibutuhkan maka harga I_m yang digunakan untuk perhitungan adalah sesuai dengan harga arus maksimum dari panel meter yang digunakan, dan harga R_{th} diambil sesuai dengan harga tahanan thermistor pada temperatur maksimum yang direncanakan.

Agar dissipasi panas oleh arus listrik yang mengalir pada thermistor serendah mungkin maka batas ukur mikro amper meter dipilih serendah mungkin. Dipasaran banyak dijual panel meter dengan batas ukur mulai dari 50 mikro amper keatas.

CONTOH PERENCANAAN

Sekarang marilah kita coba merencanakan alat ukur temperatur dengan batas ukur dari $0^{\circ}C$ sampai $50^{\circ}C$ kita gunakan rangkaian jember

jembatan seperti gambar 25.

Untuk menentukan batas temperatur dan tahanan thermistor maka dapat dipedomankan seperti yang terlihat dalam tabel ini

Temperatur	Tahanan Thermistor
$^{\circ}\text{C}$	Ohm
0	2850
10	1839
20	1219
30	1000
40	573
50	404,8

Ketetapan dissipasi = 1,7 mV

Ketetapan waktu = 22 detik.

1. Pemilihan Thermistor

Untuk keperluan ini biasanya digunakan thermistor yang berse-
lubung gelas (glas probe). Karena daerah temperatur yang direncana
kan rendah maka kita pilih thermistor yang mempunyai tahanan 1 K
pada temperatur 25°C yaitu tipe GB31F22 buatan Fenwal elektronik.

2. Pemilihan Nilai tahanan lengan jembatan

Dari sifat thermistor maka dipilih untuk :

R_{th} = nilai tahanan thermistor pada 0°C = 2850 Ohm

$R_2 = R_3$ = nilai tahanan thermistor pada 25°C = 1000 Ohm.

3. Pemilihan tegangan batere:

Tegangan batere dapat dihitung dulu dengan cara yang prektis

dan disini hanya merupakan suatu perkiraan saja karena hal ini harus kita kompromikan dengan panel meter yang digunakan. Misalkan offset temperatur dikarenakan arus listrik pada thermistor jangan lebih dari $0,1^{\circ}\text{C}$. Berdasarkan itu maka harga $P = 0,17 \text{ mV}$. Nilai tahanan thermistor pada temperatur menengah dari daerah pengukuran adalah 1000 Ohm sehingga V batere tidak boleh lebih dari $0,825 \text{ volt}$.

4. PEMILIHAN NILAI TAHANAN METER.

Untuk memilih nilai tahanan pada meter ini kita misalkan nilai tahanan $R_m + R_s$ kira kira 10 kali tahanan thermistor pada temperatur maksimum dari daerah pengukuran yaitu sebesar 4000 Ohm . Sekarang kita coba menghitung arus yang mengalir seandainya tegangan V batere = $0,825 \text{ volt}$ dan tahanan $R_m + R_s = 4000 \text{ Ohm}$ pada temperatur maksimum.

maka

$$\begin{aligned} V_{A-B} &= \frac{R_1}{R_1 + R_{th}} - \frac{R_3}{R_2 + R_3} \times V \text{ batere.} \\ &= \frac{1000}{1000+404,8} - \frac{1000}{2850 + 1000} \times 0,825 \text{ Volt.} \\ &= 0,373 \text{ Volt.} \end{aligned}$$

Untuk tahanan R_{A-B} adalah :

$$\begin{aligned} R_{A-B} &= \frac{R_1 \cdot R_{th}}{R_1 + R_{th}} + \frac{R_3 \cdot R_2}{R_3 + R_2} \\ &= \frac{1000 \cdot 404,8}{1000 + 404,8} + \frac{2850 \cdot 1000}{2850 + 1000} \text{ Ohm} \\ &= 1028 \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Besar kuat arus yang mengalir adalah :

$$\begin{aligned}
 I_m &= \frac{V_{A-B}}{R_{A-B} + (R_m + R_s)} \\
 &= \frac{0,373 \text{ Volt}}{1028 + 4000} \text{ Amper} \\
 &= 7,4 \cdot 10^{-4} \text{ Amper.}
 \end{aligned}$$

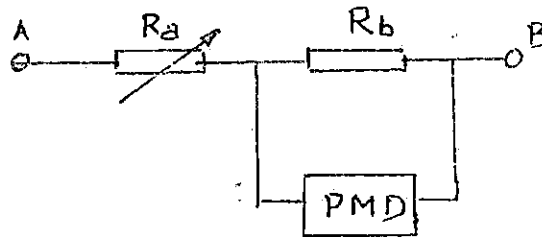
Dari hasil perhitungan diatas maka dipilih mikro amper meter dengan batas ukur yang lebih rendah dari 74 mikro amper. Misalkan mikro amper meter dengan batas ukur 50 mikroamper. Dengan menggunakan meter yang lebih rendah ini berarti pula dapat digunakan tegangan batere yang lebih rendah dan diperoleh offset temperatur yang lebih rendah pula. Jika tahanan meter $R_m = 1,5 \text{ K}$ maka R_s adalah $2,5 \text{ K}$ (dapat digunakan tahanan variable 5 K atau tahanan tetap sebesar $2,5 \text{ K}$).

Apabila digunakan panel meter digital yang mempunyai tahanan dalam relatif sangat besar maka tegangan maksimum yang akan terukur adalah $0,373 \text{ Volt}$ atau 373 mV . Kemudian agar dapat membaca pengukuran angka 50 pada saat temperatur yang diukur 50°C , maka caranya adalah dengan menurunkan tegangan pada V batere saja dan panel meter digital dapat dihubungkan langsung pada titik A dan B dari rangkaian jembatan. Linieritas yang diperoleh seperti ini adalah kurang baik.

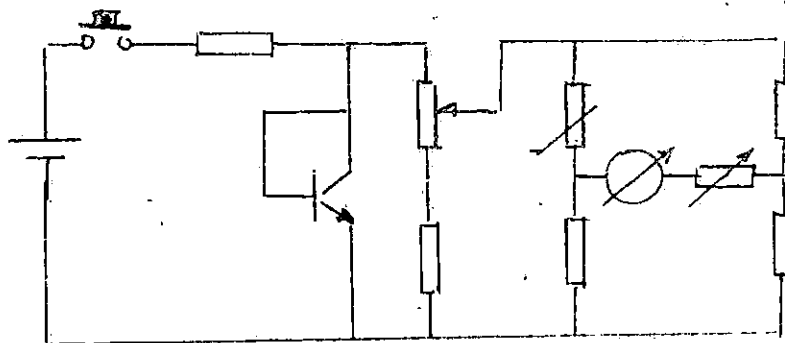
Untuk memperoleh linieritas yang baik dianjurkan agar panel meter digital tidak langsung dihubungkan dengan titik A dan B, tetapi melalui rangkaian pembagi tegangan terlebih dahulu seperti yang terlihat pada gambar 24.

Dimana harga dari tahanan $R_a + R_b$ sekitar 4000 Ohm.

Sedangkan bentuk rangkaian lengkap dari alat ukur temperatur yang menggunakan komponen thrmistor adalah seperti gambar 25.



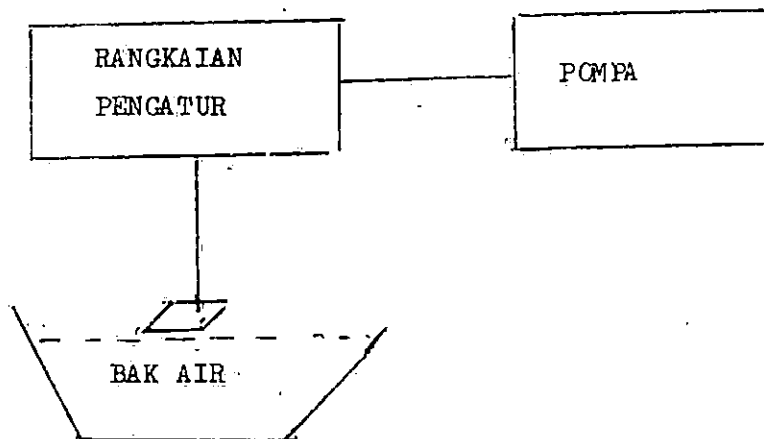
Gambar 24. Rangkaian menggunakan panel digital.



Gambar 25. Rangkaian pengukur temperatur dengan Thermistor.

C. THERMISTOR SEBAGAI PENGATUR TINGGI PERMUKAAN AIR.

Selain untuk menentukan suhu atau temperatur thermistor ini dapat juga digunakan untuk mengatur tinggi permukaan air dalam sebuah bak. Jika kita perhatikan sifat dari thermistor jenis NTC bila suhunya naik ke arah panas maka nilai tahanannya semakin mengecil, dan jenis PTC kalau suhunya naik maka nilai tahanannya akan membesar. Dari sifat thermistor ini dapat dikembangkan berbagai keperluan sebagai pengaturan. Salah satu contoh yang digunakan untuk mengatur tinggi permukaan air seperti yang diuraikan disini dan secara blok, dapat digambarkan rangkaianya pada gambar 26.



Gambar 26 Blok diagram pengatur tinggi permukaan air.

Bila kita menggunakan thermistor jenis koefisien suhu negatif (NTC) maka kalau komponen NTC ini terkena dengan air maka tahanannya mengecil sehingga dapat membuka relay dan mematikan motor pengisap air. Selama thermistor dalam keadaan normal atau tidak terkena air dimana tahanannya mengecil sehingga arus yang mengalir pada relay besar dan relay tersebut menjadi tertutup.

Disaat relay dalam keadaan tertutup maka arus listrik PLN mengalir ke motor pompa pengisap air dan motorpun bekerja mengisap air dari sumur kedalam bak air. Setelah air mencapai pada thermistor maka suhu yang dirasakan oleh thermistor itu berubah menjadi dingin sehingga tahananannya berubah menjadi besar. Dengan membesarnya nilai tahanan pada thermistor mengakibatkan arus yang mengalir pada transistor mengecil dan akhirnya transistor tidak bekerja serta relaypun membuka. Terbukanya relay berarti arus listrik PLN yang mengalir ke motor pompa terputus dan motor pompa berhenti bekerja mengisap air.

Pada umumnya industri industri yang memproduksi motor pompa pengisap air biasanya sudah dilengkapi dengan alat pengatur otomatis ini yang menggunakan komponen thermistor dengan menggunakan rangkaian jembatan atau menggunakan rangkaian penguat sebuah transistor seperti yang terlihat pada gambar 27 b . Sistem rangkaian jembatan ini adalah sangat praktis dan sangat peka untuk mengatur relay dan juga peka terhadap temperatur. Rangkaian Jembatan adalah seperti yang diperlihatkan pada gambar 27 a, dimana rangkaian ini bila ada perubahan suhu maka akan mengalami perubahan tahanan yang tidak seimbang yang akan menimbulkan perbedaan potensial antara ujung relay sehingga relay akan membuka atau menutup. Dari rangkaian 27 a jelas terbaca dan tahanan R yang nilai tetap dipasang sama dan sebagai pengaturnya dipasang thermistor. Disaat themistor dalam keadaan tidak terkena air nilai tahanan dibuat sama dengan tahanan R yang lainnya. Kalau nilai semua tahanan yang terdapat pada rangkaian maka tegangan yang terdapat pada terminal A-B akan sama sehingga tidak ada arus yang mengalir pada relay.

Setelah beberapa saat thermistor terkena air tentunya suhu yang di alami oleh thermistor berubah menjadi dingin. Dengan berubahnya nilai tahanan pada thermistor maka keadaan rangkaian jembatan tidak setimbang lagi dan timbulah perbedaan potensial antara ujung ujung terminal A-B. Disaat rangkaian tidak setimbang arus mengalir pada relay dan pada relay terjadi kuat medan magnet sehingga kontak penghubung menjadi terbuka dan pompa pengisap air berhenti bekerja. Menganalisa rangkaian jembatan baik dalam keadaan setimbang maupun tidak dalam keadaan setimbang adalah seperti yang diuraikan pada hal tentang mencari kesalahan.

Kemudian pada rangkaian gambar 27 b disaat thmistor (NTC) tidak terkena air maka tahanan bisa dikatakan sebesar R Thermistor, tahanan potensiometer VR_1 dapat diatur dari nilai tahanan terkecil sampai terbesar atau arah minimum sampai kearah maksimum. Bila tahanan potensiometer kita atur sampai mencapai melebihi tahanan thermistor maka tegangan yang terdapat pada base TR_1 adalah sebesar

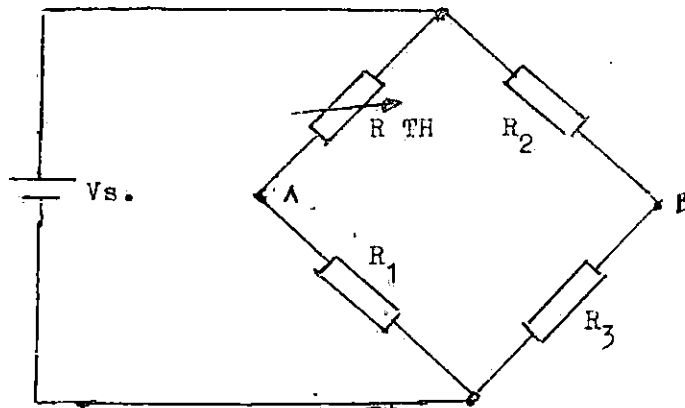
$$VB_1 = \frac{VR_1}{VR_1 + R_{th}} \times V_{cc}.$$

Untuk mengetahui besar kuat arus yang mengalir pada base TR_1 dicari terlebih dahulu besar tahanan yang terdapat pada base atau disebut dengan RB_1 .

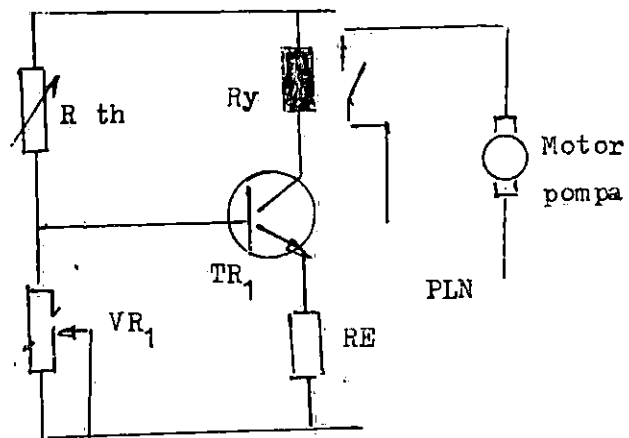
$$RB_1 = VR_1 // R_{th}$$

atau

$$RB_1 = \frac{VR_1 \times R_{th}}{VR_1 + R_{th}}$$

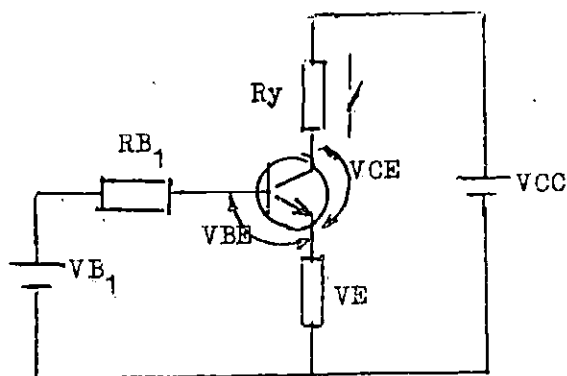


Gambar 27 a. Rangkaian Jembatan Wheatstone



b. Rangkaian satu tingkat penguat

Dari rangkaian gambar 27b dapat dibuat rangkaian persamaanya seperti yang terlihat pada gambar 28.



Gambar 28. Rangkaian persamaan satu tingkat Amplifier.

- Dimana
- VB_1 = Tegangan yang terdapat pada base.
 - RB_1 = Tahanan dalam pada rangkaian.
 - Ry = Tahanan Relay
 - Re = Tahanan pada emiter.
 - VCE = Tegangan pada emiter dan kolektor.
 - VBE = Tegangan pada base dan emiter.
 - VCC = Tegangan sumber daya.

Dari rangkaian gambar 24 dapat dicari besar kuat arus kolektor (IC), besar kuat arus base (IB) dengan menggunakan hukum Kirchoff I.

yaitu :

$$\text{Loop I : } IB \cdot RB_1 + VBE + IE \cdot RE - VB_1 = 0$$

$$\text{II : } IC \cdot Ry + VCE + IE \cdot RE - VCC = 0$$

atau

$$\text{Loop I ; } IB \cdot RB_1 + VBE + (IC + IB) \cdot RE - VB_1 = 0$$

$$\text{II ; } IC \cdot Ry + VCE + (IC + IB) \cdot RE - VCC = 0.$$

atau

$$\text{Loop I ; } IB (RB_1 + RE) + IC \cdot RE = VB_1 - VBE$$

$$\text{II ; } IC (R_y + RE) + IB RE = VCC - VCE.$$

Dari dua persamaan diatas dapat dicari besar kuat arus IB , IC dan kuat arus IE . dimana $IE = IB + IC$.

$$IC = \frac{(VCC - VCE)(RE + RB_1) - (VB_1 - VBE) RE}{(RE + R_y) (RB_1 + RE) - RE^2}$$

dan

$$IB = \frac{(VB_1 - VBE) (RE + R_y) - (VCC - VCE) RE}{(RB_1 + RE) (R_y + RE) - RE^2}$$

Setelah harga arus IC dan IB didapat maka arus IE adalah

$$IE = IC + IB .$$

Dimana IE = Arus yang mengalir pada emiter.

IC = Arus yang mengalir pada kolektor.

IB = Arus yang mengalir pada base.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

1. George M.Chute : Electronics in Industry
Mc Graw Hill Koga kusha Ltd , Tokyo.
2. R.A Greiner : Semiconductor Device And Applications
Mc Graw Hill Book Company INC 1961
3. Wasito S. : Elektronika dalam Industri
IKAPI, dicetak oleh percetakan Setia beriman.
4. Millman Halkias : Integratet Eleketronics
Mc Graw Hill Inc 1972.
5. John D.Ryder PHD: Engineering Eleketronics, Second edition.
Mc Graw Hill Book Company Ltd Tokyo 1967.
6. Elindo : Modular Training Servo And Control Sistem
Untuk model MSC 7811.
7. Millman And Taub: Pulse.Digital and Switching Waveforms
Mc Graw Hill Kogakusha Ltd Tokyo. 1965