

PENGATURAN TEGANGAN PADA TRANSFORMATOR DAYA DENGAN PERUBAHAN BELITAN OTOMATIS

**Diajukan Untuk Memenuhi Syarat
Guna Mengikuti Ujian Sarjana
Untuk Mencapai Gelar Ke-Sarjanaan**

Oleh :

Nama: SOFYAN SOLEH

NIM : 01498 - 065



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2006**

ABSTRAK

Pembuatan tugas akhir yang berjudul “ **Pengatur Tegangan Pada Trafo Daya dengan Perubahan Belitan Otomatis** “. Sistem pengaturan ini dirancang untuk mengurangi dampak dari peningkatan beban listrik saat terjadi perubahan beban puncak. Walaupun terjadi perubahan permintaan beban tegangan keluaran transformator daya cenderung tetap. Sehingga dengan alat ini perubahan tegangan pada jaringan akibat perubahan beban dapat dideteksi dan dilakukan pengaturan secepatnya.



ABSTRACT

Final Duty making entitling " Voltage Regulator of Energy Transformer with the Automatic Entwisted Change ". this Arrangement System is designed to lessen the impact from make-up of burden of moment electrics happened by the peak load change. Although happened by the change of request of burden of tension of output of energy Transformer tend to remain to. So that by means of ... this tension change of network of effect of burden change can be detected and done by a arrangement as soon as.



DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR PERNYATAAN

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	2
1.2.1 Maksud.....	2
1.2.2 Tujuan	2
1.3 Alasan Memilih Judul	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Metode Penyusunan Tugas Akhir	4
1.6 Sistematika Penyusunan.....	5
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Teknik Digital	7
2.1.1 Gerbang Logika.....	7
2.1.2 Flip-flop	12
2.1.3 Register Geser	15

2.2	Penguat Operasional	16
2.2.1	Pengertian Penguat Operasional	16
2.2.2	Detektor Taraf Tegangan Positif.....	26
2.2.3	Pembanding Jendela.....	18
2.3	Relay	19
2.4	Karakteristik Dioda	20
2.1.4	Parameter Penting Dioda.....	21
2.5	Transistor	21
2.1.5	Transistor Bipolar.....	22
2.6	SCR (Silicon Controlled Receiver).....	23
2.7	Transformator.....	25
BAB III	PERANCANGAN	29
3.1	Tujuan Perancangan	29
3.2	Perancangan Sistem	29
3.2.1	Perancangan Secara Blok Diagram.....	29
3.2.2	Perancangan Blok Rangkaian Sistem.....	31
3.2.3	Deskripsi Kerja Sistem.....	33
3.3	Spesifikasi Sistem	36
3.4	Spesifikasi Alat	36
3.4.1	Spesifikasi Plan	36
3.4.2	Spesifikasi Pengendali	36
3.4.3	Perancangan Bok	37

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA	38
Daftar Peralatan.....	38
4.1 Tujuan Pengujian	38
4.2 Pengetesan Modul Pembanding	39
4.2.1 Pengukuran Tegangan AC Input-Output	
Pembanding.....	39
4.2.2 Analisa Data dari Pengukuran.....	40
4.3 Pengetesan Modul Pengolah Logika.....	41
4.3.1 Pengetesan Modul Pengolah Logika.....	41
4.3.2 Analisa Data dari Pengukuran Pengolah Logika ...	42
4.4 Pengetesan Modul Penggerak	43
4.5 Pengetesan Sistem.....	44
BAB V PENUTUP.....	46
5.1 Kesimpulan	46
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Tabel Kebenaran Gerbang AND dua Masukan	8
Tabel 2.2 Tabel Kebenaran Gerbang OR dua Masukan.....	9
Tabel 2.3 Tabel Kebenaran Gerbang NOT dua Masukan	10
Tabel 2.4 Tabel Kebenaran Gerbang NAND dua Masukan.....	11
Tabel 2.5 Tabel Kebenaran Gerbang XOR dua Masukan.....	12
Tabel 2.6 Tabel Kebenaran Operasi Flip-Flop Gerbang NAND	14
Tabel 2.7 Tabel Kebenaran Operasi Flip-Flop S-R dengan Clock	15
Tabel 4.1 Tabel Hasil Pengukuran Pembanding	41
Tabel 4.2 Tabel Hasil Pengukuran Pengolah Logika.....	42
Tabel 4.3 Tabel Hasil Pengukuran Voltage Regulator.....	44
Tabel 4.4 Tabel Hasil Pengukuran Sistem	45

MERCU BUANA

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Simbol Gerbang AND Dua Masukan	8
Gambar 2.2 Simbol Gerbang OR Dua Masukan	9
Gambar 2.3 Simbol Gerbang NOT Dua Masukan.....	10
Gambar 2.4 Simbol Gerbang NAND Dua Masukan	11
Gambar 2.5 Simbol Gerbang XOR Dua Masukan.....	12
Gambar 2.6 Simbol Gerbang Flip-Flop S-R	13
Gambar 2.7 Flip-Flop S-R Menggunakan Gerbang NAND	14
Gambar 2.8 Flip-Flop S-R dengan Clock	16
Gambar 2.9 Simbol Penguat Operational	17
Gambar 2.10 Detektor Taraf Tegangan Positif.....	18
Gambar 2.11 Pembanding Jendela.....	19
Gambar 2.12 Karakteristik Dioda.....	21
Gambar 2.13 (a) Simbol Transistor (b) Simbol Transistor PNP.....	22
Gambar 2.14 (a) Transistor Sebagai Saklar (b) Garis Beban DC	22
Gambar 3.1 Struktur PNPN Empat Lapis	24
Gambar 3.2 Simbol SCR.....	24
Gambar 3.3 Kerja Thyristor	25
Gambar 3.4 Belitan Pada Transformator	26
Gambar 3.5 Blok Perancangan Pengendali.....	30
Gambar 3.6 Perancangan Blok Sistem.....	31
Gambar 3.7 Blok Sistem Pengendali	33

Gambar 3.8	Diagram Alir Proses Pengendali Belitan Pada Transformator.....	35
Gambar 3.9	Perancangan Bok.....	37
Gambar 3.10	Rangkaian Pembanding.....	39
Gambar 3.11	Rangkaian Pengolah Digital.....	41
Gambar 3.12	Rangkaian Penggerak.....	43



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Di zaman modern ini hampir seluruh peralatan yang membantu aktivitas manusia memanfaatkan energi listrik sebagai catu daya primer peralatan. Di perumahan, perkantoran, hotel, perdagangan, sektor jasa, industri serta di sektor lainnya, energi listrik selalu dibutuhkan. Dapat kita lihat bahwa energi listrik memegang peranan yang vital dalam segala aspek kehidupan manusia.

Para pengguna energi listrik yang demikian luas umumnya menuntut adanya penyaluran energi listrik yang handal dan kontinyu tanpa perduli terhadap gangguan yang mungkin terjadi pada sistem penyaluran. Hal ini tentunya harus diperhatikan secara serius oleh PT. PLN sebagai BUMN yang menangani hal tersebut.

Namun permintaan beban listrik diatas selalu dinamis sehingga kondisi tegangan jaringan pun berubah-ubah. Pada waktu beban puncak, tegangan jaringan dapat turun sampai di bawah batas minimum yang diijinkan, namun di

luar waktu beban puncak tegangan jaringan bisa kembali normal atau bahkan lebih.

Untuk menghindari hal ini pada gardu-gardu induk ataupun gardu distribusi digunakan transformator yang mempunyai variasi belitan (tap changer). Dengan adanya variasi belitan tegangan keluaran transformator dapat diatur. Walaupun terjadi perubahan permintaan beban tegangan keluaran transformator dapat di sesuaikan sehingga tegangan keluaran transformator daya cenderung tetap.

Berdasarkan permasalahan tersebut di atas, timbul pemikiran untuk membuat suatu hal yang dapat mengatur perubahan belitan pada transformator daya secara otomatis. Sehingga dengan alat ini perubahan tegangan pada jaringan akibat perubahan beban dapat dideteksi dan dilakukan pengaturan secepatnya.

1.2 Maksud dan Tujuan

1.2.1 Maksud

Maksud dari penyusunan tugas akhir “PENGATURAN TEGANGAN PADA TRANSFORMATOR DAYA DENGAN PERUBAHAN BELITAN OTOMATIS” adalah untuk mengembangkan kreatifitas berfikir mahasiswa dan untuk mengaplikasikan ilmu yang telah didapat selama kuliah.

1.2.2 Tujuan

- ❖ Merealisasikan alat pengendali regulasi tegangan pada transformator distribusi berbasis elektronika.

1.3 Alasan Pemilihan Judul

Salah satu cara untuk memperkecil penurunan tegangan akibat pembebanan lebih pada suatu transformator adalah dengan mengatur belitan pada transformator daya. Cara ini dipergunakan pula pada transformator daya di gardu induk untuk mengurangi dampak dari peningkatan beban listrik saat terjadi beban puncak. Walaupun belitan pada transformator daya di gardu induk telah diatur, permintaan beban listrik tetap dirasakan langsung oleh transformator distribusi yang umumnya hanya ditetapkan pada satu belitan tertentu sehingga tidak mampu untuk menaikkan tegangan saat terjadi beban p u n c a k .

Hal inilah yang menjadi alasan bagi penulis untuk membuat suatu alat yang dapat mengendalikan pergantian belitan pada transformator distribusi sebagai salah satu upaya memperbaiki kinerja transformator distribusi. Dari hal - hal tersebut di atas

maka diambil judul **“PENGATURAN TEGANGAN PADA TRAFO DAYA DENGAN PERUBAHAN BELITAN OTOMATIS”** untuk memberikan gambaran proses pengaturan tegangan terutama pada transformator distribusi yang tidak terletak di gardu induk/gardu distribusi.

1.4 Batasan Masalah

Dalam pembuatan tugas akhir ini, diambil batasan-batasan sebagai berikut :

1. Alat yang dirancang disimulasikan untuk satu fasa.
2. Variasi tegangan yang dikendalikan berada di sisi sekunder transformator.
3. Jumlah tap yang dapat dikendalikan dibatasi hanya sampai 4 tahap.
4. Pembahasan laporan lebih spesifik kepada sistem pengendaliannya.
5. Pembahasan mengenai transformator sbatas pada unjuk kerja sebagai plant pada sistem ini.

1.5 Metode Penyusunan Tugas Akhir

Teknik pengumpulan data dilakukan sebagai berikut :

- Penelitian Kepustakaan

Yaitu dengan cara membaca dan mempelajari literature dan katalog peralatan yang ada hubungannya dengan hal yang akan dibahas.

I.6 Sistematika Penyusunan

Untuk memudahkan dalam pembahasan laporan tugas akhir ini terbagi menjadi beberapa bab yang masing-masing bab membahas permasalahan tersendiri.

Untuk lebih jelasnya akan diuraikan sebagai berikut :

BAB I (Pendahuluan) : pada bab ini dibahas mengenai latar belakang masalah, maksud dan tujuan dari tugas akhir ini , alasan pemilihan judul , pembatasan masalah, metode penyusunan tugas akhir dan garis besar dari sistematika penulisan tugas akhir.

BAB II (Landasan Teori) : bab ini membahas tentang teori-teori dasar yang menunjang dalam penyusunan dan pembuatan alat.

Secara garis besar bab ini terbagi menjadi beberapa sub-bab antara lain sebagai berikut :

- Transformator membahas tentang prinsip kerja transformator, mekanisme pergantian belitan, variasi tegangan saat terjadi pergantian belitan dan regulasi tegangan pada transformator.
- Penguat Operasional (op amp) membahas tentang karakteristik op amp dan konfigurasi-konfigurasi dari op amp seperti detektor taraf tegangan dan pembanding (detektor jendela).
- Teknologi Digital membahas mengenai gerbang-gerbang dasar, flip-flop dan register geser.
- Semikonduktor membahas tentang dioda dan transistor meliputi karakteristik dan cara kerjanya.

- Dan komponen penunjang lain seperti relay.

BAB III (Perancangan) : bab ini membahas mengenai tujuan perancangan, perancangan sistem, penentuan spesifikasi sistem dan alat, perancangan rangkaian per-blok dan perancangan box (kotak) serta realisasinya.

BAB IV (Pengujian Alat dan Analisa) : pada bab ini diterangkan tentang proses pengujian meliputi hasil dan analisisnya untuk tiap – tiap blok maupun setelah membentuk sistem keseluruhan.

BAB V (Penutup) : di sini akan di simpulkan hasil dari pembuatan alat dan laporan tugas akhir serta dengan saran-saran pengembangan dari alat yang dibuat.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Teknik Digital

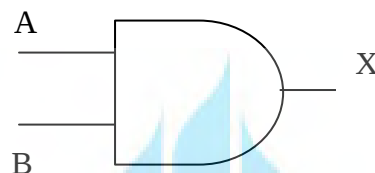
Dalam rangkian digital pada masukan di nyatakan dalam masukan dalam kelompok keadaan tinggi atau rendah. Dengan memakai konveksi logika positif, level tinggi d inyatakan dengan oleh tegangan positif dan level rendah oleh tegangan pada atau mendekati nol volt. Dengan demikian masukan dan ke luaran IC digital adalah sinyal-sinyal yang tersambung di antara kedua kondisi yang telah di tetapkan.

IC digital di kelompokkan dalam jenis kombinasi dan jenis sekuensial. Pada LOGIKA KOMBINASI bermacam - macam kondisi masukan harus di pertemuan secara serentak untuk menghasilkan keluaran. Karenanya logika kombinasional di bentuk oleh gerbang – gerbang dasar seperti AND , OR , NOT, NAND , OR , dan EX-OR. Dalam LOGIKA SEKUENSIAL elemen digital memiliki memori dan keluaran yang dihasilkan IC logika sekuensial bergantung pada masukan dan kondisi sebelumnya. Blok bangunan dasar dari rangkian sekuensial adalah bistabil (flip – plop).

2.1.1 Gerbang logika

Seperti yang telah di sebutkan di atas, gerbang logika merupakan bagian dari logika kombinasi yang hanya mempunyai dua bentuk keluaran yaitu keluaran rendah di nyatakan dengan logika 0 dan keluaran tinggi di nyatakan dengan logika 1. Di bawah ini akan di bahas tentang gerbang – gerbang logika yang di gunakan dalam pembuatan alat.

Gerbang AND



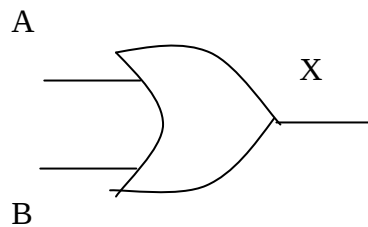
Gambar 2.1 Simbol gerbang AND dua masukan

Gambar AND akan memberikan keluaran tinggi bila semua masukannya berada pada logika 1 (tinggi). Namun jika salah satu atau semua masukannya diberi tingkat rendah maka keluarannya akan rendah.

Tabel 2.1 Tabel kebenaran gerbang AND dua masukan

A	B	x
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Gerbang OR

`
-

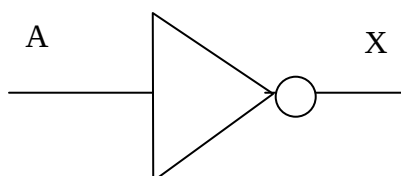
Gambar 2.2 symbol gerbang OR dua masukan

Gerbang OR akan memberikan keluaran tinggi bila salah satu atau semua masukannya berada pada logika 1. Keluaran akan bernilai rendah bila semua masukan bernilai rendah.

Tabel 2.2 Tabel kebenaran gerbang OR dua masukan

A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Gerbang NOT



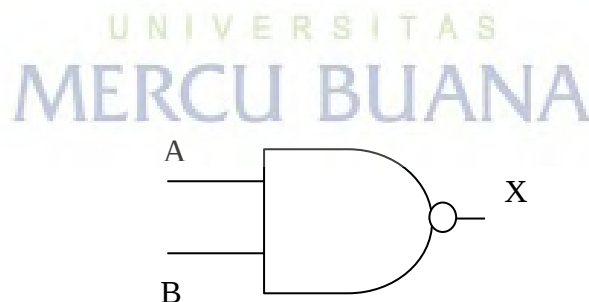
Gambar 2.3 Simbol gerbang NOT

Gerbang NOT merupakan gerbang yang membalikan nilai masukannya. Bila masukannya rendah maka keluarannya akan tinggi namun sebaliknya bila masukannya tinggi akan keluarannya akan bernilai rendah

Tabel 2.3 Tabel kebenaran gerbang NOT

A	X
0	1
1	0

Gerbang NAND



Gambar 2.4 Simbol gerbang NAND dua masukan

Gerbang NAND merupakan gerbang dari gabungan dari gerbang AND dan gerbang NOT dan mempunyai fungsi yang berkebalikan dengan gerbang AND . Sehingga gerbang NAND akan memberikan keluaran yang tinggi bila semua

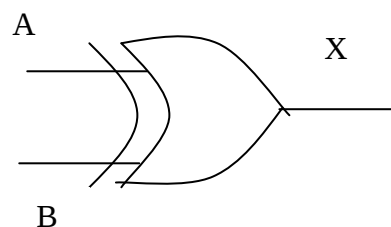
masukannya bernilai rendah namun sebaliknya bila salah satu semua masukannya masukannya bernilai tinggi maka keluarannya bernilai rendah

Tabel 2.4 Tabel kebenaran gerbang NAND dua masukan

A	B	X
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Gerbang X –OR



Gambar 2.5 Simbul gerbang X –OR

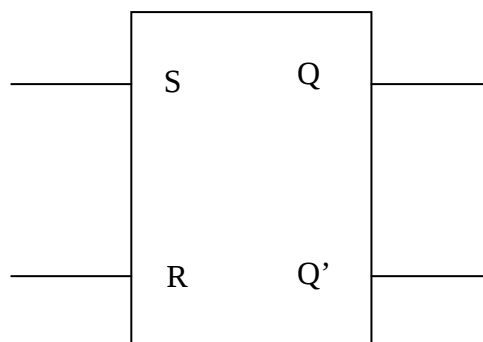
Gerbang X –OR akan memberikan keluaran yang tinggi bila nilai masukan dari dua masukannya berbeda dan akan memberikan keluaran yang rendah bila masukannya mempunyai nilai yang sama.

Tabel 2.5 tabel kebenaran gerbang X- OR

A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

2.1.2 Flip- Flop

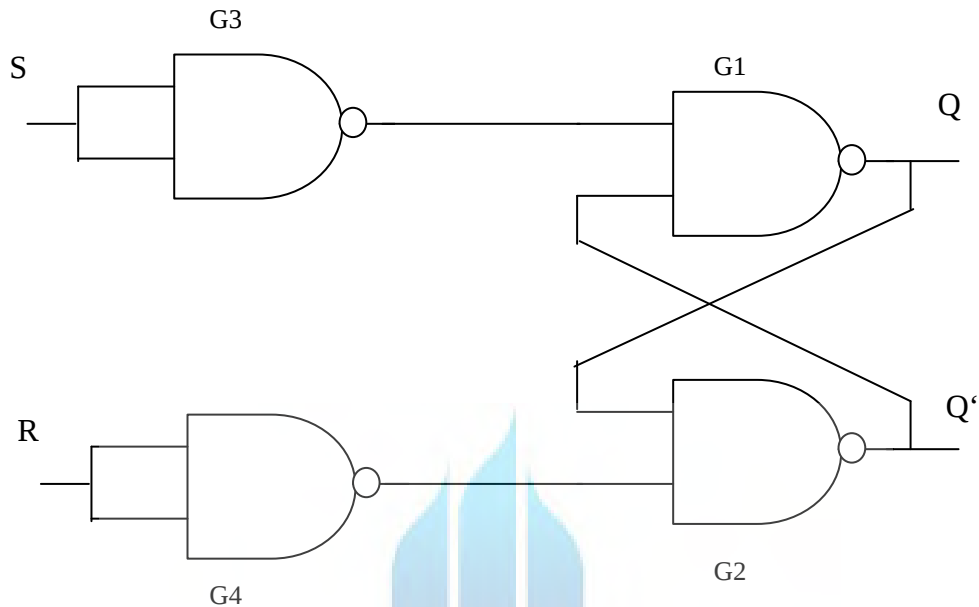
Flip –flop merupakan suatu blok dasar yang digunakan untuk membangun logika sekuesial dan hanya mempunyai dua keadaan stabil. Flip –flop banyak digunakan untuk menyimpan memori satu bit ($Q = 0$ atau $Q = 1$) karena sering disebut memori satu bit.



Gambar 2.6 Simbol Flip –Flop R-S

Flip –flop RS merupakan dasar dari terbentuknya tiga jenis flip – flop yang lain. Flip- flop jenis ini mempunyai dua masukan SET dan RESET serta dua keluaran yang komplemen satu sama yang lainnya dan dinyatakan oleh Q dan Q'.

Gambar 2.6 adalah flip –flop yang dibentuk oleh empat gerbang NAND.



Gambar 2.7 Flip – flop S-R menggunakan gerbang NAND

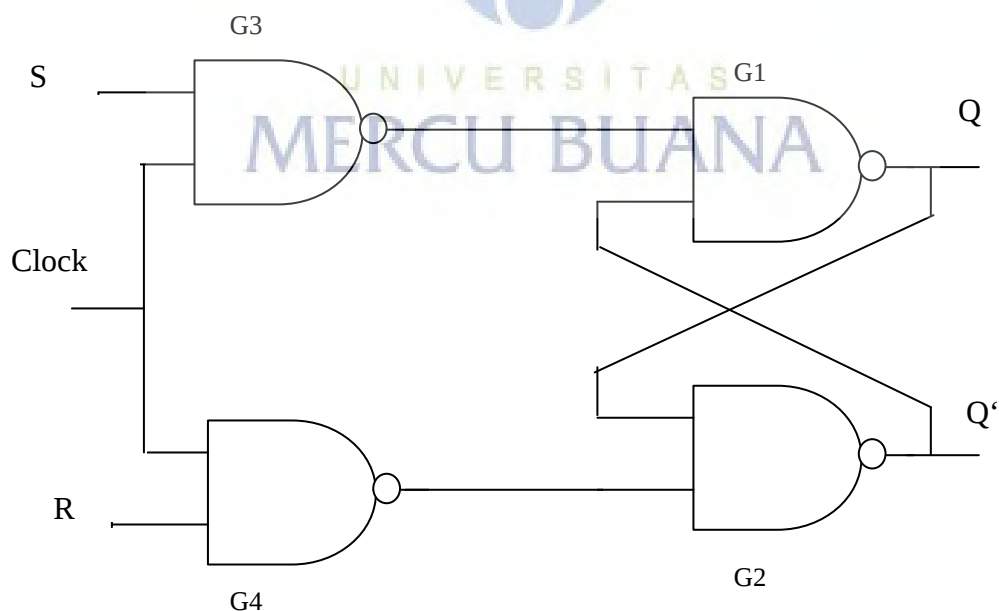
Karena ada dua masukan S dan R maka terdapat empat kemungkinan masukan yang mungkin terjadi. Untuk $S = 0$, $R = 0$, harga dari keluaran Q akan sama dengan harga sebelumnya. Untuk $S = 0$, $R = 1$ maka flip – flop akan mereset keluaran Q menjadi sama dengan 0 tanpa memperdulikan harga sebelumnya. Untuk $S = 1$, $R = 0$, maka flip – flop akan menset keluaran Q menjadi bernilai 1 tanpa memperdulikan harga sebelumnya. Untuk $S = 1$, $R = 1$, hal ini merupakan hal yang tidak diinginkan karena kedua keluaran dari flip – flop harus berlawanan.

Tabel 2.6 Tabel kebenaran operasi flip – flop gerbang NAND

S	R	X
0	0	Qt
0	1	0
1	0	1
1	1	terlarang

Pada system berikutnya flip – flop sering kali harus di pasang secara sinkron (bersamaan) dengan unit lain secara serentak. Untuk itu di gunakan flip –flop S – R dengan tambahan *Clock* seperti di tunjukan pada gambar 2.8. Bila *Clock* pada logika 0, G3 dan G4 akan mempunyai keluaran yang tinggi sehingga masukan S – R tidak

mempengaruhi terhadap keluaran. Bila *Clock* pada logika 1, G3 dan G4 akan rendah sehingga masukan S – R akan mempengaruhi keluaran.



Gambar 2.8 Flip – flop S – R dengan clock

Tabel 2.7 Tabel kebenaran operasi flip – flop S – R dengan Clock

Clock	S	R	Q(t+1)
0	x	X	Q _t
1	0	0	Q _t
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	Terlarang

2.1.3 Register geser

Dalam elektronika digital seringkali di perlukan pentimpanan data sementara sebelum data di olah lebih lanjut. Untuk mentimpan data n-bit, di perlukan n buah flip – flop yang di susun sedamikian rupa dalam bentuk register geser. Data bimer dapat di pindahkan secara seri ataupun paralel. Dalam modal seri, bit dipindahkan secara berurutan atau satu persatu. Dalam metode parallel, bit – bit di pindahkan secara serempak sesuai dengan cacah jalur parallel secara sinkron dengan sebuah pulsa dari system detak. Ada empat cara di mana register geser dapat digunakan untuk mentimpan data dan memindahkan data dari satu bagian ke bagian system yang lain :

- Masukan seri ke keluaran parallel (SIPO)
- Masukan seri ke keluaran seri (SISO)
- Masukan paralel ke keluaran parallel (PIPO)
- Masukan paralel ke keluaran seri (PISO)

Pada kesempatan ini hanya akan dibahas tentang system masukan parallel keluaran parallel (PIPO) karena system ini di gunakan dalam pembuatan alat. Gambar 2. 9 menunjukan register geser 4 bit dengan masukan parallel keluaran parallel. Masukan parallel di umpankan ke masukan *preset* Pro, Pr1 Pr2 ,dan Pr3 uatuk

mengatur agar setiap flip – flop pada nilai logika yang sesuai. Di misalkan terdapat masukan

2.2 Penguat operasi

2.2.1 Pengertian Penguat Operasi

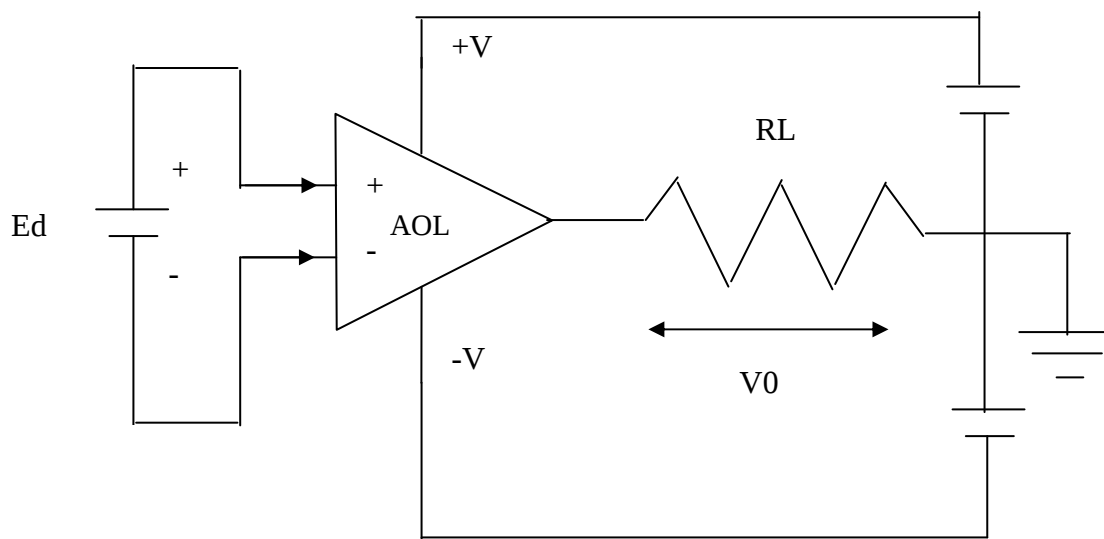
Penguat operasi atau yang umum di kenal dengan sebutan Op – amp merupakan suatu rangkian penguat yang telah di bentuk dalam rangkian terintegrasi (IC). Pada dasarnya rangkian penguat ini terdiri dari penguat diferensial dengan nilai penguat yang sangat tinggi serta impedansi masukan yang juga sangat tinggi., penguat penyangga (*buffer*) dan pada bagian keluaran terdiri dari pengendali (*driver*) dengan nilai resistansi yang sangat rendah.



Gambar 2.9 simbol penguat operasi

Parameter penguat operasi pada umumnya adalah :

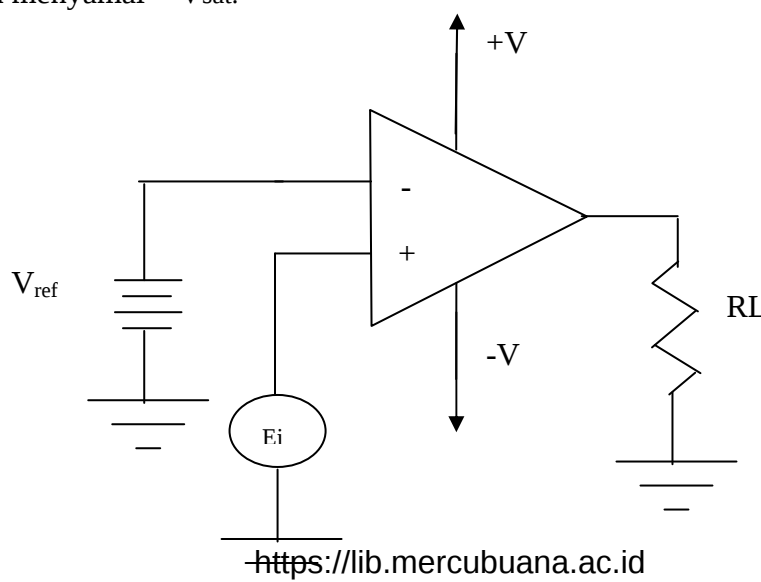
- Penguat tegangan terbuka sangat besar, yaitu sekitar 100.000 kali
- Impedansi masukan yang cukup tinggi dengan nilai tipikal 1M Ohm
- Impedansi keluaran yang sangat rendah, dengan nilai tipikal pada rentang puluhan sampai ratusan Ohm.

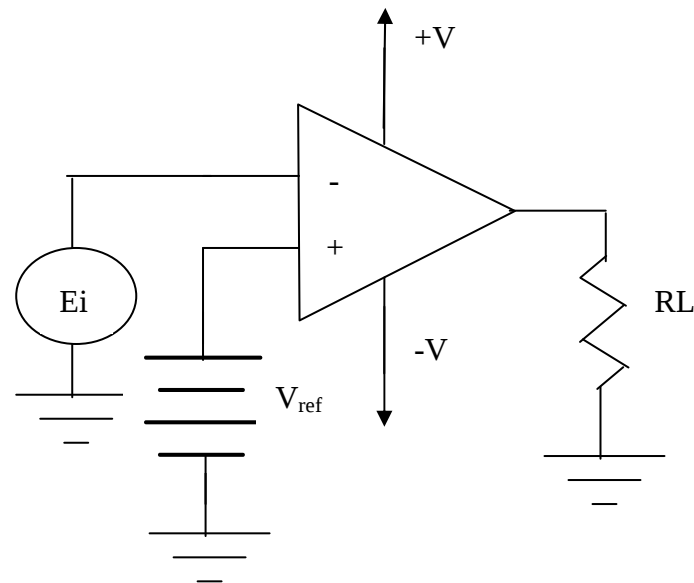


Ganbar 2.10 Pembiasan penguat operasional

2.2.2 Detektor Taraf Tegangan Positif

Dalam gambar 2.10 tegangan acuan positif V_{ref} ditrapkan di salah satu masukan penguat operasi. Jika tegangan yang harus di teksi E_i di terapkan pada masukan (+) penguat operasi hasilnya adalah suatu detector taraf positif takmembalik. Operasinya di perlihatkan dalam bentuk gelombang seperti gambar 2.11 (a). Bila E_i berada di atas V_{ref} , V_o akan menyamai $+V_{sat}$ namun bila E_i berada di bawah V_{ref} , V_o akan menyamai $-V_{sat}$. Jika E_i ditrapkan ke masukan (-) penguat operasi hasilnya adalah suatu detector taraf positif pembalik. Operasional adalah sebagai berikut : bila E_i berada di atas V_{ref} , V_o akan menyamai $-V_{sat}$ dan bila berada di bawah V_{ref} maka V_o akan menyamai $+V_{sat}$.

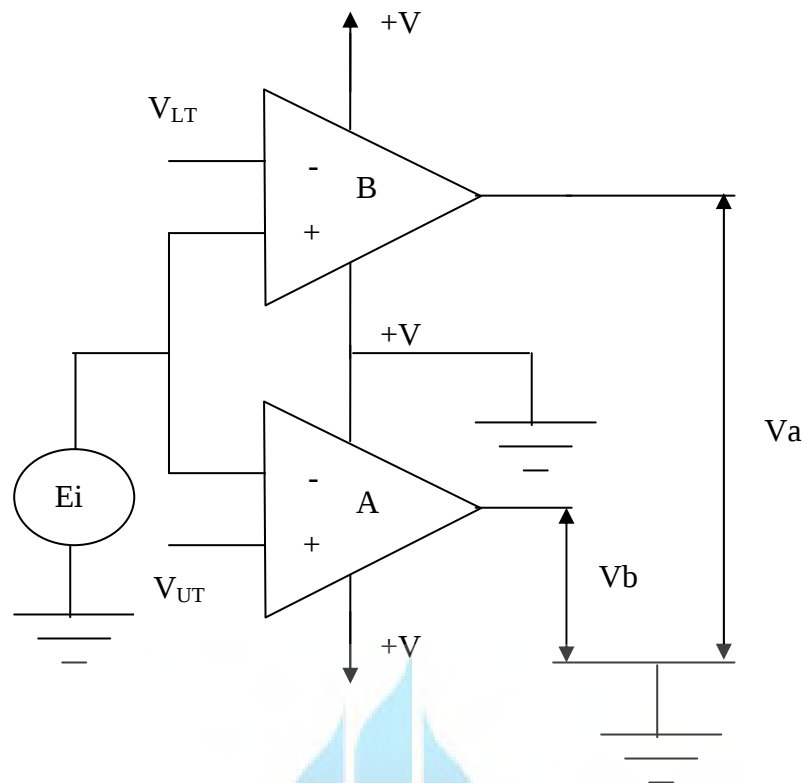




Gambar 2.11 Detektor taraf tegangan positif

2.2.3 Pembanding Jendela

Pembanding jendela adalah salah satu bentuk pemakaian dari detector taraf tegangan. dalam gambar 2.12 tegangan masukan E_i di hubungkan ke dalam (-) dari penguat operasi A dan masukan (+) dari penguat operasi B. Batas atas masukan V_{UT} di terapkan didalam masukan (+) dari penguat operasi A sedangkan batas bawah V_{LT} diterapkan ke masukan (-) dari penguat operasi B. Bila E_i terletak diantara V_{LT} dan V_{UT} maka keluaran dari penguat operasi A dan B akan mendekati $+V_{sat}$. Namun bila E_i terletak di atas V_{UT} maka keluaran penguat operasi A akan mendekati $-V_{sat}$ sedangkan keluaran penguat operasi B tetap mendekati $+V_{sat}$. Keadaan lainnya adalah apabila E_i terletak di bawah V_{LT} maka keluaran penguat operasi A akan tetap mendekati $+V_{sat}$ sedangkan keluaran operasi B akan mendekati $-V_{sat}$.



Gambar 2.12 Pembanding jendela

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

2.3 Relay

Relay adalah komponen elektromagnetik yang memiliki fungsi sama dengan sekalar yaitu untuk memutuskan atau menghubungkan beban dengan sumber. Relay akan berkerja apabila lilitan di beri tegangan yang sesuai dengan spesifikasi relay. Apabila lilitan relay diberi arus maka pada inti lilitan akan timbul medan magnet yang akan menarik kontak relay.

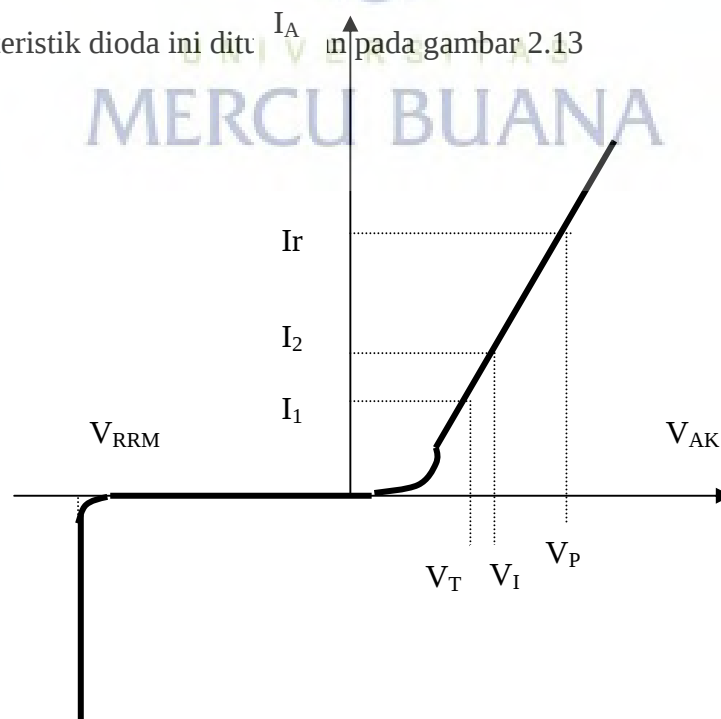
Ada beberapa hal yang harus di perhatikan dalam memilih relay yang akan di gunakan .

- Arus yang di perlukan untuk mengaktifkan relay
- Tegangan yang di butuhkan lilitan untuk menfaktifkan relay
- Tegangan dan arus maksimum dari kontak- kontaknta

Banyaknya kontak baik normally open maupun normally closed yang dimiliki oleh relay.

2.4 Karaktristik Dioda

Apabila pada terminal anoda-anoda diberi tegangan negatif, daerah deplesi akan melebar, sehingga dioda mengalir arus yang sangat kecil. Arus ini disebut dengan arus bocor. Sedangkan anoda diberikan tegangan yang relative lebih positif terhadap katoda, daerah deplesi akan menyempit dengan potensial barier 0,6 volt untuk silicon dan 0,3 volt untuk germanium, sehingga dioda dapat mengalirkan arus yang besar. Karakteristik dioda ini ditu I_A in pada gambar 2.13



Gambar 2. 13 karakteristik Dioda.

2.4.1 Parameter Penting Dioda

Dari karakteristik dioda seperti pada gambar diatas, didapat beberapa parameter penting dioda :

Arus maju rata-rata maksimum (I_f), adalah nilai arus maju rata-rata maksimum yang diijinkan pada temperature yang sudah dispesifikasikan, data ini biasanya dibuat untuk mencegah gelombang sinus pada temperatur kontak, $T_c = 85^\circ\text{C}$.

Tegangan mundur puncak berulang maksimum (V_{RRM}). Nilai ini menentukan nilai maksimum yang diijinkan dari tegangan mundur yang diaplikasikan secara berulang yang diakibatkan oleh terjadinya transient.

Tegangan jatuh maju (V_F), adalah nilai saat dari tegangan jatuh dan nilainya tergantung dari temperatur sambungan T_j .

Tegangan ambang (V_T), menyatakan besarnya tahanan pada dioda saat dilewati oleh arus bolak-balik. Besarnya tegangan ini tergantung dari jenis dioda. Untuk jenis germanium besarnya antara 0,3 – 0,4 Volt, sedangkan untuk dioda silicon besarnya sekitar 0,7 Volt.

Resistansi dinamis (R_d), menyatakan besarnya tahanan pada dioda saat dilewati oleh arus bolak-balik. Besarnya nilai tahanan ini dapat dinyatakan dengan,

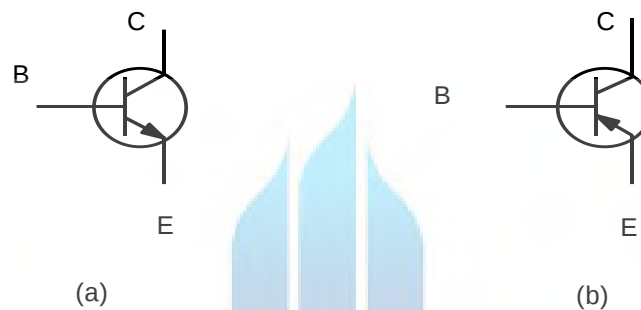
$$R_d = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1} \dots\dots\dots(2.4.1)$$

2.5 Transistor

2.5.1 Transistor Bipolar

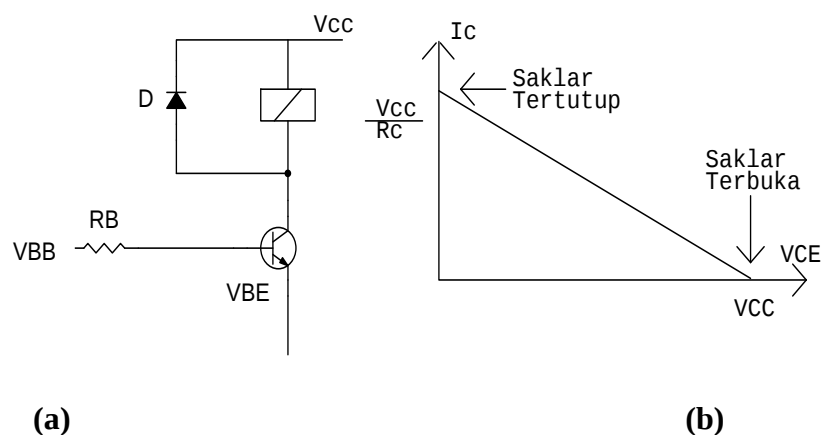
Transistor adalah sebuah komponen elektronika yang mempunyai tiga terminal basis, kolektor, emitor. Pada dasarnya transistor merupakan persambungan dua buah dioda. Titik persambungan ini disebut basis. Berdasarkan persambungan dioda ini transistor terbagi menjadi dua jenis yaitu NPN dan PNP.

Transistor akan berkerja apabila ada arus basis. Transistor dapat digunakan sebagai penguat atau sebagai saklar elektronis.



Gambar 2.14 (a) symbol transistor NPN (b) symbol transistor PNP

Mengoperasikan transistor sebagai saklar artinya bahwa transistor dioperasikan pada kondisi saturasi dan cut offd tapi tidak tepat sepanjang garis beban. Seperti pada gambar 2.15



Gambar 2.15 (a) Transistor sebagai saklar (b) Garis beban DC

Jika transistor berada dalam keadaan saturasi, transistor tersebut seperti saklar yang tertutup pada kolektor dan emitor. Pada saat cut off transistor seperti saklar yang membuka. Besarnya arus yang mengalir pada beban menentukan besarnya arus basis yang diperlukan untuk membuat transistor saturasi dengan perbandingan

$$h_{fe} = \frac{I_c}{I_b} \dots\dots\dots(2.1.5)$$

Setelah mengetahui besarnya arus basis yang diperlukan maka dapat kita tentukan resistansi basis R_B .

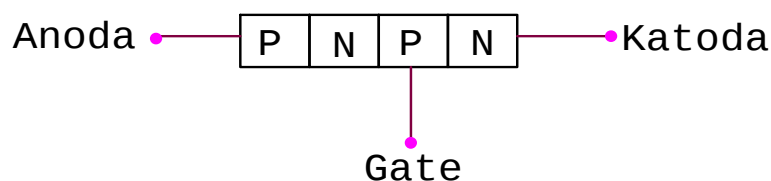
$$V_{BB} = V_{BE} + I_b \cdot R_b \dots\dots\dots(2.1.6)$$

$$R_b = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{I_b} \dots\dots\dots(2.1.7)$$

Besarnya V_{BE} biasanya diketahui. Untuk transistor silicon besarnya $V_{BE} = 0,7V$ sedangkan untuk transistor $V_{BE} = 0,35V$.

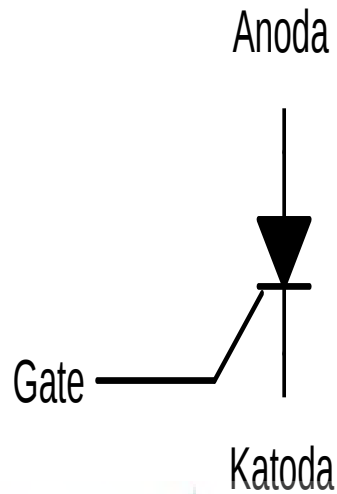
26. SCR (Silikon Controlled Rectifier)

SCR atau penyearah yang tekendali terbuat dari silicon mempunyai tiga elektroda dari jenis semikonduktor empat lapis PNPN yang mana dari ketiga electron tersebut adalah anoda (A) gate (G) dan katoda (K). Struktur komponen ini seperti diperlihatkan pada gambar 2.16.



Gambar 2.16. Struktur PNPN empat lapis

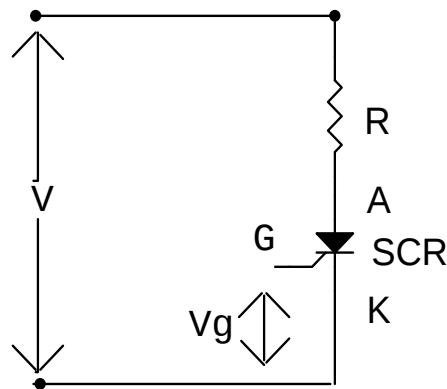
Dan symbol dari SCR dapat dilihat pada gambar 2.17



Gambar 2.17 Symbol SCR

SCR adalah sebuah disk dari semikonduktor empat lapis yang terbuat dari silikon tipe P dan N secara bergantian yang dibuat melalui proses difusi dan teknik pencampuran konstruksi dalam SCR. Dalam daerah reverse lambangnya setiap penyearah junction silikon (karakteristik dioda zener), tetap karakteristik forward merupakan karakteristik SCR.

Suatu tegangan V dipakai antara anoda dan katoda dengan anoda diberi tegangan positif terhadap katoda seperti terlihat pada gambar 2.8.

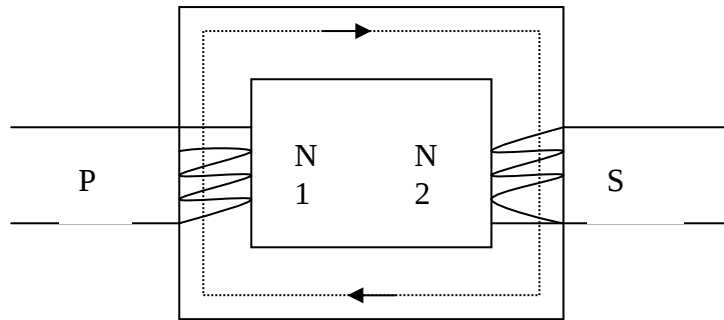


Gambar 2.18. Kerja Thyristor

Jika tegangan V dibawah potesial breakdown dari peralatan maka arus bocor kecil yang mengalir dibawah breakdown potensial karakteristik secra nyata merupakan karakteristik reverse dari pusat junction PN dan memberikan tahanan yang sangat tinggi terhadap arus yang mengalir, breakdown potensial maka SCR berubah dari keadaan tidak menghantar menjadi keadaan menghantar atau dari keadaan saklar terbuka menjadi saklar tertutup. Pada saat peralatan dalam keadaan menghantar, karakteristik forward seperti penyearah junction silicon menunjukan tahanan dinamis yang rendah sehingga arus mengalir dari anoda ke katoda.

2.7 Transformator

Transformator adalah alat untuk memindahkan daya listrik dari arus bolak-balik dari suatu rangkaian kerangkaian yang lainnya secara induksi maknektik. Kontroksi paling sederhana satu phasa, dimana transformator ini terdiri dari lilitan primer dan lilitan skunder. Apabila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan, maka akan mengalir arus bolak-balik I_1 pada kumparan tersebut. Oleh karena kumparan mempunyai inti, arus I_1 menimbulkan fluksi maknet yang juga berubah-ubah pada intinya. Akibat adanya fluksi magnet yang berubah-ubah, pada kumparan primer akan timbul GGL induksi E_p .



Gambar 2.19 Belitan Pada Transformator

Besarnya GGL induksi pada kumparan primer adalah :

$$E_p = -\frac{d\phi}{dt} \text{ volt} \dots\dots\dots(2.7.1)$$

Fluksi magnet yang menginduksi GGL induksi E_p juga dialami oleh kumparan sekunder karena merupakan fluks bersama (mutual fluks). Dengan demikian fluks tersebut menginduksikan GGL induksi E_s pada kumparan sekunder. Besarnya GGL induksi kumparan sekunder adalah :

$$E_s = -N_s \frac{d\phi}{dt} \text{ volt} \dots\dots\dots(2.7.2)$$

Dimana : $-N_s / -N_s$ = jumlsk kumparan lilitan primer/sekunder

dQ = perubahan garis gaya magnet dalam suatu weber (1 weber = 10^8 maxwel).

Dt = perubahan waktu dalam satuan detik

Dari persamaan tersebut :

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} \dots\dots\dots(2.7.1)$$

Nilai “a” adalah nilai perbandingan lilitan transformator (turn ratio). Bila transformator berada dalam keadaan tanpa beban, dimana $V = E$ dan $V = E$, maka nilai perbandingan lilitan transformator dapat pula dinyatakan dengan :

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} = a \dots\dots\dots(2.7.3)$$

Bila nilai $a < 1$ sehingga $V > V$, maka transformator ini disebut dengan transformator step-up dan bila nilai $a > 1$ disebut step-down. Jika transformator diasumsikan ideal, maka daya pada sisi primer = daya pada sisi skunder, sehingga akan berlaku :

$$\frac{I_s}{I_p} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} = a \dots\dots\dots(2.7.4)$$

Pada saat transformator dibebani, maka pada lilitan sekunder akan mengalir arus. Arus akan menyebabkan kenaikan arus pada sisi transformator ada kerugian-kerugian yang terjadi. Kerugian yang terjadi antara lain : rugi inti ; merupakan penjumlahan dari rugi hysteresis dan rugi arus eddy yang disebabkan oleh adanya fluks magnet ini dipengaruhi oleh tegangan dan frekwensi, jika transformator bekerja pada tegangan dan frekwensi konstan, mak rugi inti inipun besarnya konstan. Rugi tembaga : merupakan akibat dari lilitan primer maupun skunder, karena pada lilitan sekunder terdapat nilai resistasi.

Efisiensi transformator didefinisikan sebagai perbandingan daya keluaran dengan daya masukan. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut ;

$$\eta = \frac{P_{\text{output}}}{P_{\text{input}}} \dots\dots\dots(2.7.6)$$



BAB III

PERANCANGAN

3.1 Tujuan Perancangan

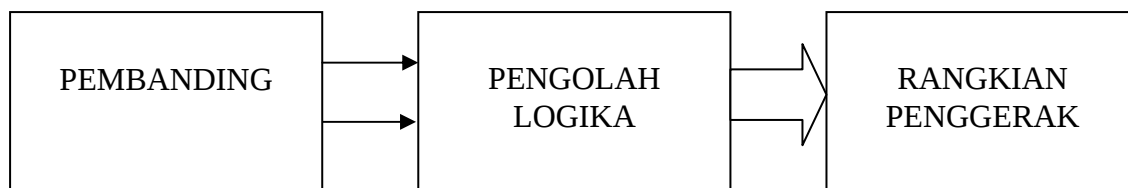
Adapun tujuan dari perancangan system ini adalah :

- Mewujudkan suatu alat yang mampu mengendalikan proses pergantian tap pada transformator yang handal namun ekonomis berbasis elektronika.
- Memberikan alternative pilihan bagi pergantian tap/belitan pada transformator daya yang khususnya untuk transformator-trasfpomator distribusi yang tidak terletak pada gardu distribusi.
- Memberikan solusi- solusi tentang perbaikan untuk kerja transformator akibat pembebanan lebih.

3.2 Perancangan System

3.2.1 Perncangan Secara blok Diagram

Sesuai dengan tujuan perancangan system yaitu menciptakan suatu alat alternative pengendali pergantian belitan yang handal dan ekonomis berbasis elektronika, maka di pilih suatu rancangan dengan menggabungkan elektronika analog dengan elektronika digital. Alasan pengguna kedua bentuk teknik elektronika ini karena elektrnika ini karena elektronika analog dapat di gunakan untuik mendeteksi perubahan tegangan yang timbul sedangkan elektronika digital memudahkan dalam proses pengolahan data.



Gambar 3.1 Blok Perancangan Pegendali

Blok Pembanding

Pembanding seharusnya mampu mendeteksi tegangan kurang atau tegangan lebih pada sisi sekunder transformator. Untuk hal ini diperlukan perbandingan yang mampu mendeteksi dua kejadian di atas. Selain harus mampu mendeteksi hal di atas pembanding harus kebal terhadap gangguan noise dari tegangan jaringan yang dapat mengganggu proses deteksi.

Blok Pengolah Logika

Pengolah logika harus mampu memproses data dari pembanding dan melakukan pengaturan pada rangkaian penggerak sesuai kondisi yang sedang terjadi. Inti dari pengolah logika adalah ditentukan melalui dip switch yang kemudian disimpan di dalam register. Sinyal keluaran dari register disimpan ke memori dan pengumpul sinyal (*signal collector*). Keluaran dari pengumpul sinyal ini yang nantinya mengendalikan rangkaian penggerak.

Rangkaian Penggerak

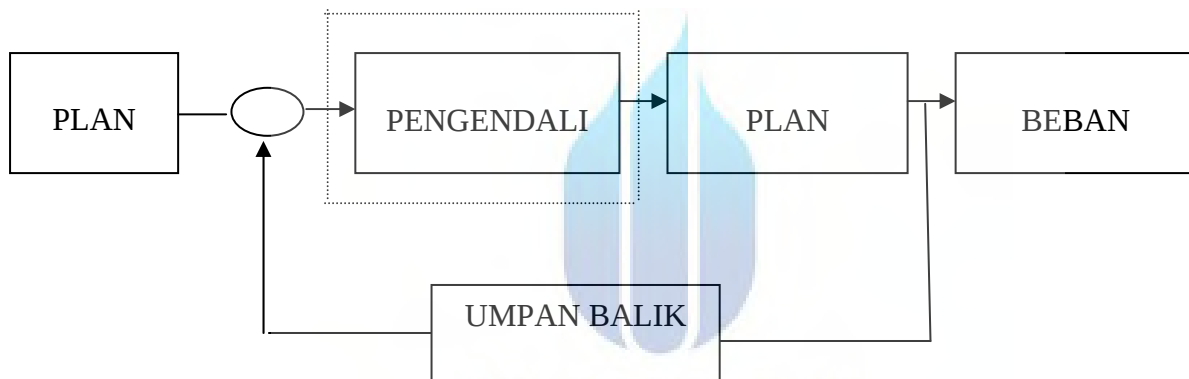
Rangkaian penggerak ini berfungsi untuk memutuskan atau memutuskan atau menghubungkan belitan – belitan transformator dengan beban sesuai dengan sinyal dari pengolah logika.

Realisasi rangkian penggerak menggunakan relay dengan bantuan saklar yang dikendalikan oleh transistor.

Untuk system yang sesungguhnya rangkian penggerak ini menggunakan *breaker* yang di gerakan oleh motor.

3.2.2 Perancangan Blok Rangkian Sistem

Untuk mmembuat simulasi system yang sebenarnya maka untuk mewakili tegangan tinggi (TT) menggunakan Tegangan 220 Volt dan 18 Volt mewakili tegangan rendah (TR).



Gambar 3.2 Perancangan Blok Sistem

Set Poin

Untuk set poin tegangan di atur mulai dari batas tegangan atas sampai batas tagangan bawah , hal ini berfungsi untuk masukan terhadap rangkian pengendali dan berfungsi sebagai referensi tegangan.

Blok Pengendali

Untuk realisasi blok pengendali dipergunakan rangkian pembanding yang merupakan penerapan penguat operasi konfigurasi detector taraf tegangan.

Dan untuk mengurangi tagangan transien dari tegangan jaringan pada pembanding di tambahkan umpan balik positif. Dengan umpan balik positif, keluaran pembanding tidak seketika berubah bila ada perubahan – perubahan kecil akibat gangguan transien/nois jaringan pada tegangan masukan variable.

Nilai tegangan referensi di tentukan agar tegangan beban tetap pada daerah $18 \pm 10\%$ Volt.

Plant

Trafo daya sebagai plant kondisinya dipengaruhi oleh paktor luar diantaranya permintaan beban listrik. Karenanya permintaan beban perlu diperhatikan dalam menentukan spesifikasi transformator yang akan di gunakan agar perubahan beban yang terjadi mampu diatasi oleh transformator daya.

Pada simulasi ini ditetapkan tegangan beban adalah $18 \pm 10\%$ volt, maka

Tegangan beban maksimum yang diperbolehkan

$$V_{\text{maksimum}} = 18 + (10\% \times 18) = 19.8 \text{ Volt}$$

Tegangan beban minimum yang diperbolehkan

$$V_{\text{minimum}} = 18 - (10\% \times 18) = 17.2 \text{ Volt}$$

Interval yang diperbolehkan adalah $18 \times (10\% \times 18) = 32.4 \text{ Volt}$

Transformator yang ada di pasaran mempunyai variasi tegangan 6 / 7.5 / 9 / 12 / 15 / 18 / 20 V. Untuk merencanakan plan di sesuaikan dengan yang ada di pasaran , sehingga terjadi perubahan nilai toleransi tegangan beban.

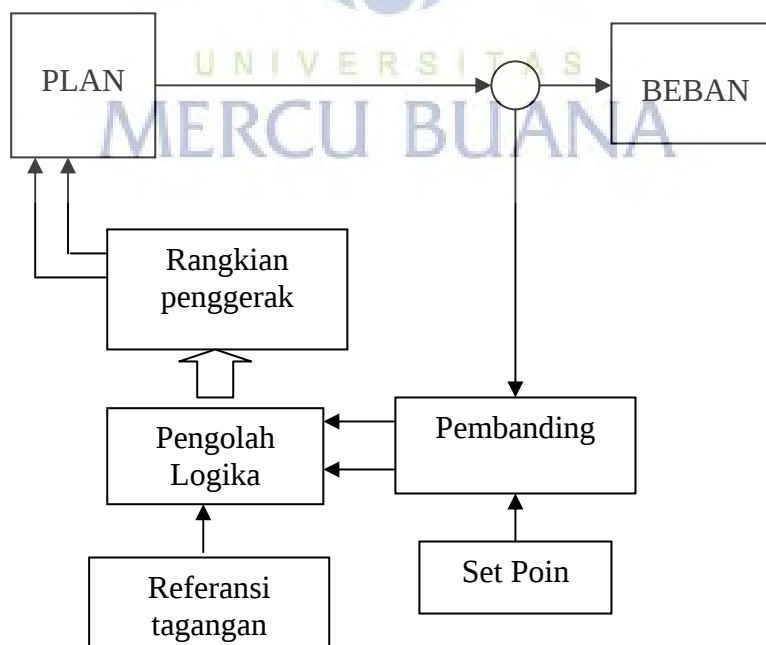
Umpan Balik

Untuk tegangan fit bak tegangan yang masuk ke beban di bandingkan dengan tegangan referensi yang terdapat didalam dari rangkian tersebut , apakah sudah sesuai engan tegangan yang akan digunakan. Apabila tegangan tidak sesuai dengan tegangan referensi maka akan kembali ke system pengendali dan seterusnya.

3.2.3 Deskripsi Kerja Sistem

Secara keseluruhan kerja dari system ini adalah sebagai berikut :

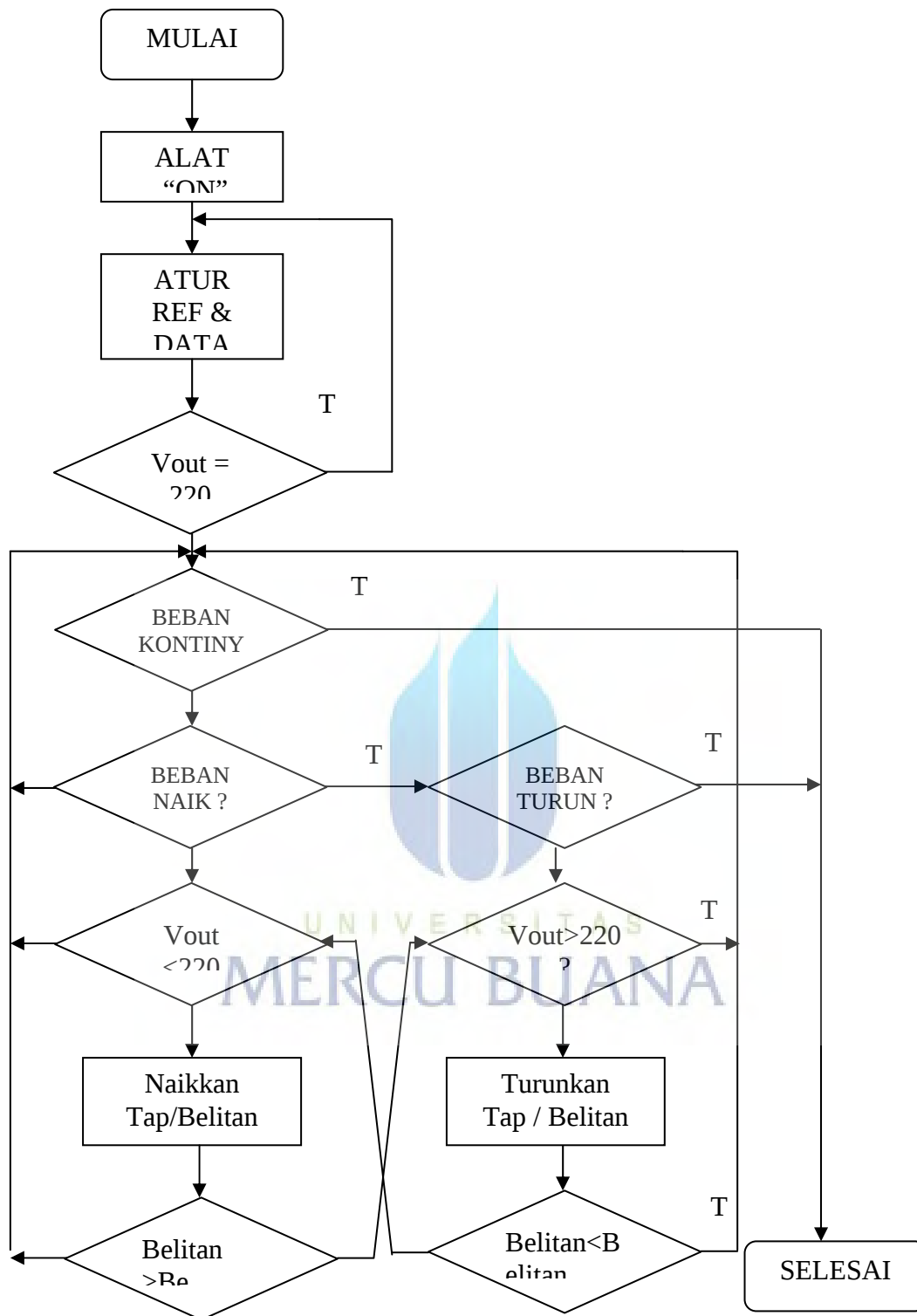
- Besarnya tegangan sekunder akan diteksi dan dijadikan masukan variabel bagi pembanding. Di pembanding masukan variabel ini dibandingkan dengan tegangan referensi untuk menentukan kondisi system , apakah terjadi tegangan lebih atau tegangan kurang.
- Sinyal dari pembanding masuk depengolah logika . Sinyal ini akan menentukan arah pergeseran bit data register. Isi register ini dapat bergerak keatas atau pun kebawah.



Gambar 3.3 Blok system pengendali

- Seterusnya dalam pengolah logika diset data yang menjadi referensi bagi register. Data referensi ini ditentukan saat system dalam keadaan normal. Bila sulit di tentukan dapat di asumsikan pada bit yang menggerakan tap yang tinggi.
- Untuk menghindari terjadinya yang tidak diinginkan maka keluaran dari register disimpan pula didalam memori sementara. Data dari memori sementara di gabungkan dari data register yang kemudian digunakan untuk mengerakan rangkian penggerak.
- Kemudian dari register akan diumpankan ke rangkian pengerak yang nantinya untuk memutuskan atau menghubungkan tap yang sesuai.





GAMBAR 3.3 Diagram alir proses pengendalian pergantian belitan pada transformator

3.3 Spesifikasi Sistem

Untuk spesifikasi system yang di inginkan seperti yang tersebut di bawah ini :

- Sistem ini dapat diaplikasikan pada trafo distribusi yang tidak terletak pada gardu distribusi.
- Sistem harus bisa mendeteksi tegangan kurang atau lebih pada sisi sekunder transformator akibat pembebanan akibat terutama pada saat pembebanan puncak.
- Bila terjadi gangguan, system harus mampu mengeset sendiri.
- Selama kondisi normal system harus mampu menjaga tegangan keluaran sistem stabil dalam daerah yang diijinkan

3.4 Spesifikasi alat

3.4.1 Spesifikasi plant

Transformator1:	Daya	: 36 VA
	I_{Max}	: 2A
	$V_{Sekunder}$	: 9 / 12 /15/ 18
	V_{Priner}	: 110/125/220 Volt
	Frekuensi	: 50Hz
Transformator 11:	Daya	: 96 VA
	I_{Max}	: 5A
	$V_{Sekunder}$	: 6 / 7.5 / 9 / 12 / 15 / 18
	V_{Priner}	: 110/125/220 Volt
	Frekuensi	: 50Hz

3.4.2 Spesifikasi Pengendali

V_{masuk}	: 0 – 20 Volt
δV (tiap belitan)	: 3 Volt
V_{Keluaran}	: $18 \pm 18.5\%$ Volt
I_{Maksimum}	: 5.25 Amper
Supply daya	: 220 Volt / 50Hz

3.5.5 Perancangan Bok

Spesifikasi Bok:	Dimensi	: 280 X 110 X 110 mm
	Bahan	: Acrylic / pyber glass
	Tebal	: 2 mm



Gambar 3.3 Perancangan Blok

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

Dalam bab ini pada dasarnya bertujuan untuk mengamati dari perancangan dan pembuatan alat sehingga kita dapat mengetahui sejauh mana alat dapat berkerja. Pada pengukuran yang terpenting adalah blok – blok yang cukup kritis seperti blok pembanding seperti blok pembanding yang beroperasi pada rangkian. Dengan mendapatkan parameter tersebut kita dapat menganalisa rangkian secara keseluruhan dan kerja alat dapat di ketahui.

Daftar peralatan

Peralatan yang digunakan dalam pengujian adalah :

- Voltage regulator LE 118/VR 05
- Digital multimeter CD 880a

4.1 Tujuan Pengujian

1. Untuk menyesuaikan antara fungsi alat dengan sistem yang di rancang.
2. Untuk enenyukan parameter dan kapasitas sistem.

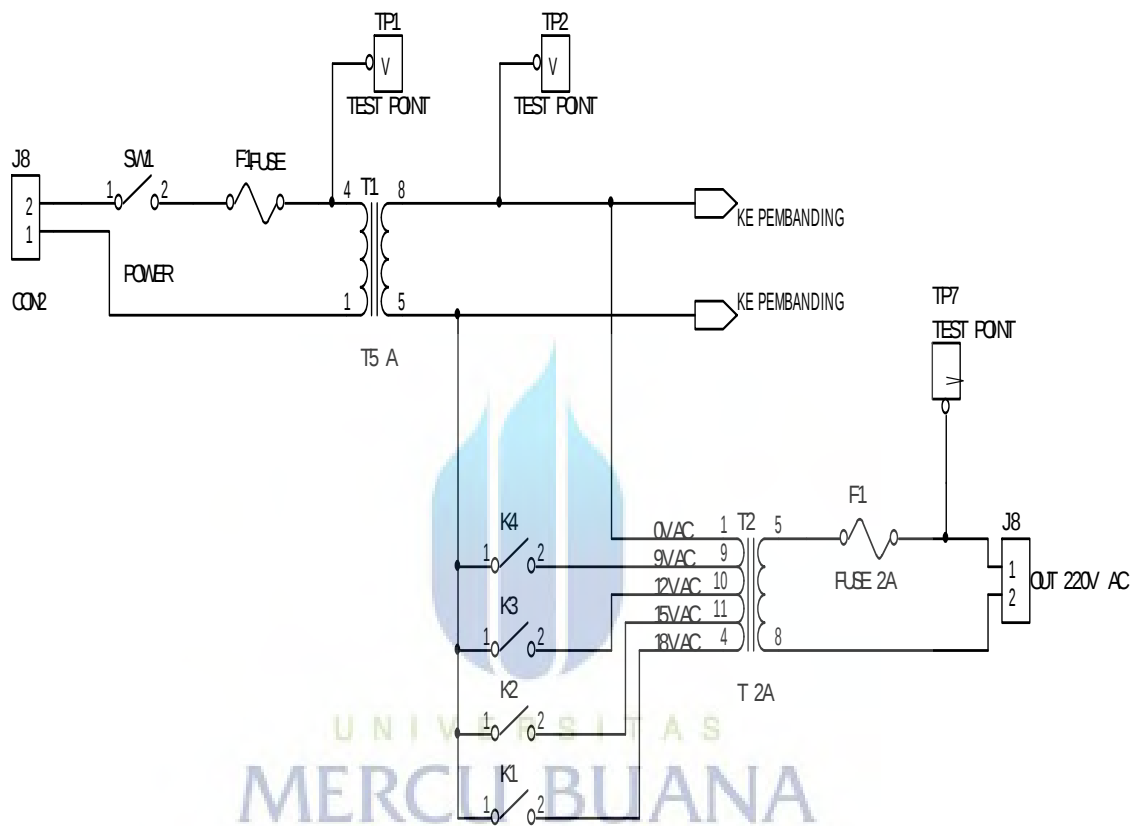
Modul tugas akhir yang akan diuji antara lain :

- Modul pembanding
- Modul pengolah logika
- Modul penggerak

4.2 Pengetesan Modul Pembanding

4.2.1 Pengukuran tegangan AC Input dan Output Pembanding

Modul pembanding dirangkai seperti gambar 4.1



Gambar 4.1 Rangkaian Pembanding

Percobaan ini menggunakan rangkian dari trafo (nol) $\pm$ 18 Volt. Pada rangkian pembandig diukur olae multimete dan tetap dalam keadaan terbeban oleh alat. Pengukuran dilakukan dalam keadaan alat di jalankan dan diukur pada waktu tertentu.

4.2.2 Analisa data dari pengukuran

Dari pengujian diatas diperoleh data seperti tabel 4.1

No	Hasil Pengukuran (Volt) AC	Keterangan
TP 1	210	Tetap
TP 2	17	Tegangan ref

Tabel 4.1 Tabel hasil pengukura pembeding

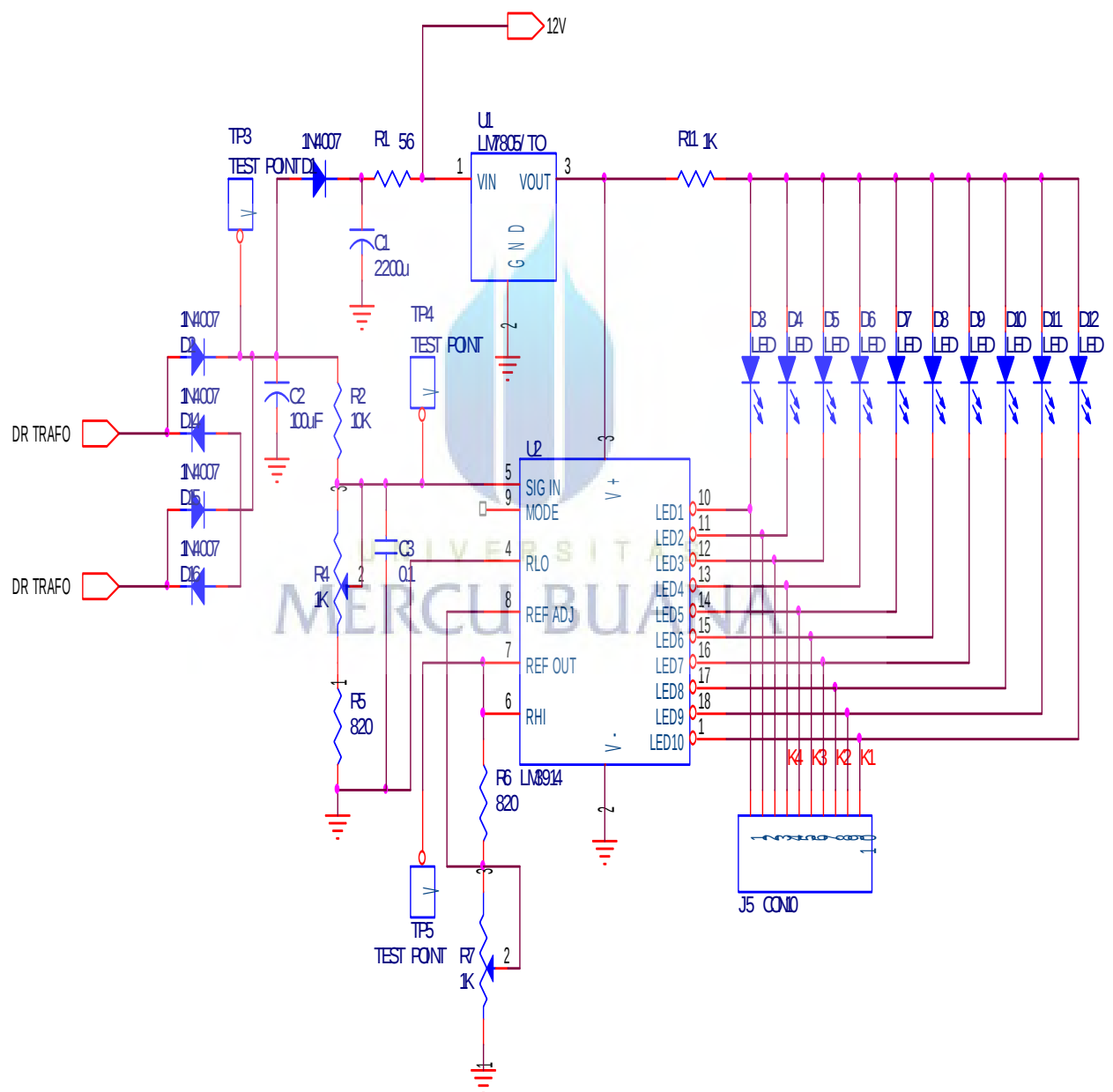
Dari hasil pegujian di atas dapat kita lihat tegangan puncak = $17 \times 1.4 = 23.8$

Volt



4.3 Pengetesan Modul Pengolah Logika

4.3.1 Modul pengolah logika dirangkai seperti gambar 4.2



Gambar 4.2 Rangkaian Pengolah logika

Pada blok pengolah logika ini pengukuran di lakukan dengan membandingkan besarnya tegangan pada input dan output pembanding. Untuk perpindahan waktu step di perlukan tegangan masukan IC LM 3914 sebesar 2.22 Volt DC. Sehingga jarak perpindahan step $2.22 : 10 = 0,2$ m detik.

Indikator ditentukan oleh nyalanya pada led NO 10, menunjukkan tegangan yang paling tinggi.

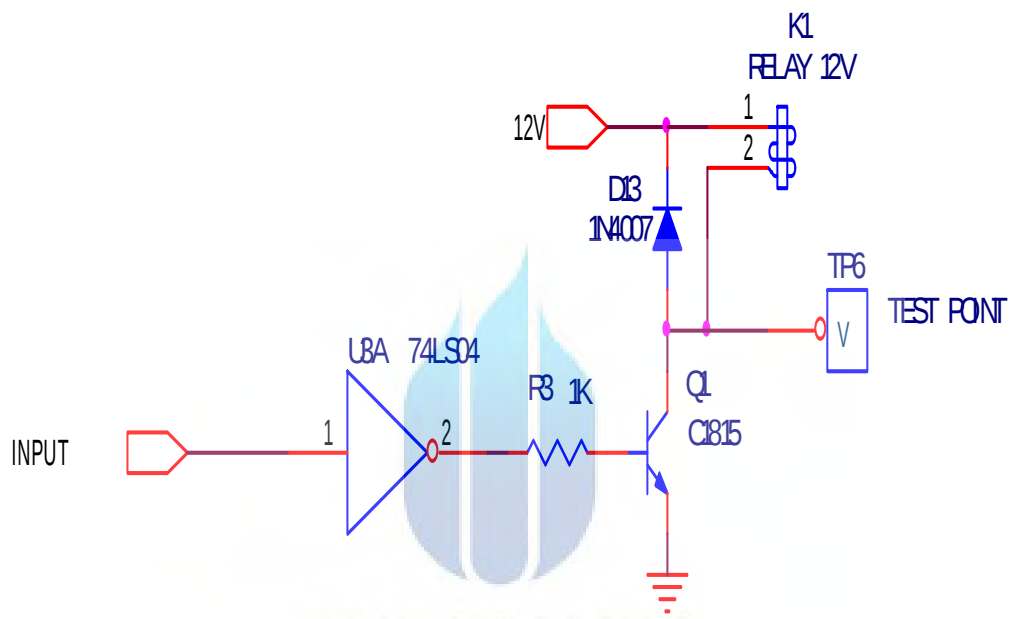
4.3.2 Analisa data dari pengukuran pengolah logika

No	Hasil Pengukuran (Volt) DC	Keterangan
TP 3	22,2	Berubah
TP 4	2,22	Tetap
TP 5	2,02	Reverensi komperator

Tabel 4.2 Tabel hasil pengukuran pengolah logika

4.4 Pengetean Modul Penggerak

Modul penggerak menggunakan relay yang di kendalikan oleh saklar elektronis seperti yang tanpak pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Rangkaian Penggerak

Hasil pengukuran adalah sebagai berikut :

$$V_{CE} \text{ " saat " off} = \pm 11,14 \text{ Volt}$$

$$V_{CE} \text{ " saat " on} = \pm 0,14 \text{ Volt}$$

$$I_b = 190 \mu A$$

Denan h_{FE} terukur = maka besaran arus relay adalah = 19 mA

4.5 Pengetesan Sistem

Setelah semua blok – blok system diuji dan hasilnya baik maka blok tersebut dirangkai menjadi satu system.

4.5.1 Langkah – langkah Pengujian

1. Sebelum melakukan pengujian Voltage Regulator dilakukan pengujian dengan menggunakan digital multimeter
2. Untuk pengukuran tegangan Voltage Regularor diatur terlebih dahulu untuk mendapatkan tegangan yang akan diukur dari hasil out – put Voltage Regulator.
3. Dari hasil pengukuran di dapatkan hasil seperti table 4.1 dibawah ini:

Tabel 4.1 Tabel hasil pengukuran voltage regulator

NO	Tegangan Voltage Regulator (V)	Out- put Regulator (V)
1	25	23,3
2	50	51,6
3	75	75,5
4	100	100,8
5	125	125,5
6	150	150,7
7	175	177.,3
8	200	200.1
9	220	219,8

4. Selanjutnya siatem diuji seolah – olah permintaan tegangan menjadi turun dan seterusnya menjadi naik dari 25 Volt – 220 Volt.
5. Catat besaran tegangan yang keluar dari Out – Put dari rangian system

Tabel 4 2 Tabel hasil pengukuran system

NO	Tegangan Voltage Regulator (V)	Out – Put Regulator	Out – Put Rangkaian	% Kesalahan
1	25	23,3	0,004	- 0,99 %
2	50	51,6	0,005	- 0,99 %
3	75	75,5	0,006	- 0 99 %
4	100	100,8	0,008	- 0,99 %
5	125	125,5	202,4	0,16 %
6	150	150,7	208,1	0, 38 %
7	175	177,3	210	0,14 %
8	200	200,1	220,7	0,10 %
9	220	219,8	212	0,03 %

Dari hasil pengukuran tanpa secara keseluruhan tegangan system bergerak diantara batas atas dan batas bawah . Pada saat tagangan 25 Volt – 100 tegangan tidak terdeteksi oleh rangkian sehingga tegangan out –put begitu kecil.

Untuk tingkat kesalahan di dapatkan = $\frac{\text{Out Put rangkian} - \text{Teg Volt Regulator}}{\text{Teg Volt Regulator}} \times 100 \%$

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengukuran sistem dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Secara umum sistem telah dapat berkerja seperti yang di harapkan hanya saja masih terdapat beberapa kekurangan terutama pada output sistem rangkaian harus benar – benar akurat. Untuk rangkaian sistem dapat bekerja pada saat tegangan 125V.



DAFTAR PUSTAKA

Bimbran, PS *Electrical Machinery*. Khanna. Delhi

Coughlin, R Driscoll, F F. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linier*.
Erlangga, Jakarta 1994

Horo witz & Hill Winfield, *Seni dan Desain Elektronika vol.3* Elex media
Komputindo, Gramedia, Jakarta 1987

Malpino, Gunawan, Hanafi. *Prinsip-prinsip Elektronika edisi ke-2*, Erlangga,
Jakarta.1990

