

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengantar

Akhir-akhir ini makin terbukti bahwa penerangan yang baik memegang peranan penting, terutama bagi industri. Untuk suatu perusahaan produksi, penerangan yang baik dapat memberikan keuntungan-keuntungan seperti contoh berikut ini :

- a. peningkatan produksi;
- b. peningkatan kecermatan;
- c. kesehatan yang lebih baik;
- d. suasana kerja yang lebih aman;
- e. keselamatan kerja yang lebih baik.

Pilihan mengenai sistem penerangan yang sebaiknya digunakan dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain :

- a. intensitas penerangan di bidang kerja;
- b. intensitas penerangan umumnya dalam ruangan;
- c. biaya instalasi;
- d. biaya pemakaian energi;
- e. biaya pemeliharaan instalasi (penggantian lampu).

2.2 Satuan-satuan

Berikut ini beberapa satuan yang berkaitan dengan teknik penerangan,

Intensitas cahaya	: kandela (cd)
Flux cahaya	: lumen (lm)
Intensitas penerangan (iluminasi)	: lux (lux)

2.2.1 Intensitas cahaya (I)

Jumlah energi radiasi yang dipancarkan sebagai cahaya ke suatu jurusan tertentu (flux cahaya per satuan sudut ruang yang dipancarkan ke suatu arah tertentu)

$$I = \frac{\phi}{\omega} \text{ cd (kandela)(2.1)}$$

dimana : I = Intensitas cahaya

ϕ = Flux

ω = Steradian

2.2.2 Flux cahaya (f)

Flux cahaya yang dipancarkan oleh suatu sumber cahaya ialah seluruh jumlah cahaya yang dipancarkan dalam 1 detik, satuannya adalah lumen.

$$f = \omega I = 4\pi I \text{ lm}$$

$$f = 4\pi I \text{(2.2)}$$

2.2.3 Intensitas penerangan. (E)

Intensitas penerangan atau iluminasi disuatu bidang ialah : cahaya yang jatuh pada per m² dari bidang itu, satuannya adalah lux .Jadi 1 lux = 1 lumen per m²

$$E \text{ rata-rata} = \frac{\phi}{A} \text{ lux(2.3)}$$

Intensitas penerangan disuatu bidang karena suatu sumber cahaya dengan intensitas I, berkurang dengan kwadrat jarak, antara sumber cahaya dan bidang itu. (hukum kuadrat).

$$E = \frac{I}{r^2} \text{lux} \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana :

E = Intensitas penerangan disuatu titik dari bidang yang di terangi, dinyatakan dalam satuan lux.

I = Intensitas sumber cahaya dalam satuan kandela

r = Jarak dari sumber cahaya ke suatu titik , dinyatakan dalam meter.

2.3 Penerapan intensitas penerangan

Intensitas penerangan harus pada tempat dimana pekerjaannya akan dilakukan. Bidang kerja umumnya diambil 80 cm di atas lantai. Bidang kerja ini mungkin sebuah meja atau bangku kerja, atau juga suatu bidang horisontal khayalan, 80 cm diatas lantai.

Intensitas penerangan sama dengan jumlah lm/m^2 , jadi flux cahaya yang diperlukan untuk suatu bidang kerja seluas A m^2 ialah :

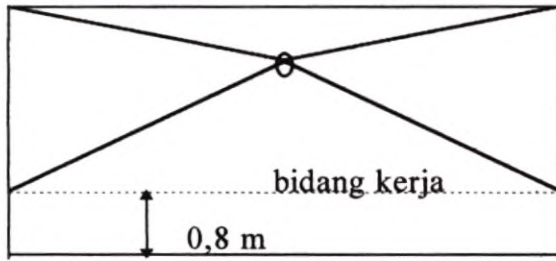
$$\phi = E \times A \text{ lm} \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana : ϕ = flux cahaya

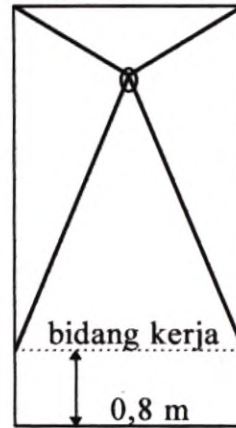
E = intensitas penerangan

A = luas bidang kerja

Flux cahaya yang dipancarkan lampu tidak semua mencapai bidang kerja. Sebagian dari flux cahaya itu dipancarkan ke dinding dan langit-langit, seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



a.



b.

Gambar 2.1 pembagian flux cahaya dalam ruangan

- a. flux cahaya sebagian besar menuju langsung ke bidang kerja.
- b. dalam ruangan yang lebih tinggi hanya sebagian kecil flux cahaya yang menuju bidang kerja.

Intensitas penerangan yang diperlukan ikut ditentukan oleh sifat pekerjaan yang harus dilakukan. suatu bagian mekanik halus misalnya, akan memerlukan intensitas penerangan yang jauh lebih besar daripada yang diperlukan galangan kapal.

Panjang waktu kerja juga mempengaruhi intensitas penerangan yang diperlukan. Pekerjaan yang lama dengan penerangan buatan, akan memerlukan intensitas penerangan yang lebih besar.

Tabel 2.1 mencantumkan intensitas penerangan yang diperlukan untuk penerangan yang baik.

*Tabel 2.1 Intensitas penerangan
pada berbagai keperluan*

Sifat pekerjaan	Penerangan sangat baik	Penerangan baik
1. Kantor		
Ruangan gambar	2000 lux	1000 lux
Ruangan kantor (untuk pekerjaan kantor biasa, pembukuan, menetik, surat menyurat, mem-baca, menulis, melayani mesin-mesin kantor).	1000 lux	500 lux
Ruangan yang tidak digunakan terus menerus untuk pekerjaan (ruangan arsip, tangga, gang, ruangan tunggu)	250 lux	150 lux
2. Ruangan sekolah		
Ruang kelas	500 lux	250 lux
Ruangan gambar	1000 lux	500 lux
Ruangan untuk jahit-menjahit	1000 lux	500 lux
3. Industri		
Pekerjaan sangat halus (pembuatan jam tangan, instrumen kecil dan halus, mengukir)	5000 lux	2500 lux
Pekerjaan halus (pekerjaan pemasangan halus, menyetel mesin bubut otomatis, pekerjaan bubut halus, kempa halus, poles)	2000 lux	1000 lux
Pekerjaan biasa (pekerjaan bor, bubut kasar, pemasangan biasa)	1000 lux	500 lux
Pekerjaan kasar (menempa dan menggiling)	500 lux	250 lux
4. Toko		
Ruangan jual dan pameran :		
Toko-toko besar	1000 lux	500 lux
Toko-toko lain	500 lux	250 lux
Etalase :		
Toko-toko besar	2000 lux	1000 lux
Toko-toko lain	1000 lux	500 lux
5. Mesjid, gereja, dan sebagainya	250 lux	125 lux
6. Rumah tinggal		
Kamar tamu :		
Penerangan setempat (bidang kerja)	1000 lux	500 lux
Penerangan umum, suasana	100 lux	50 lux

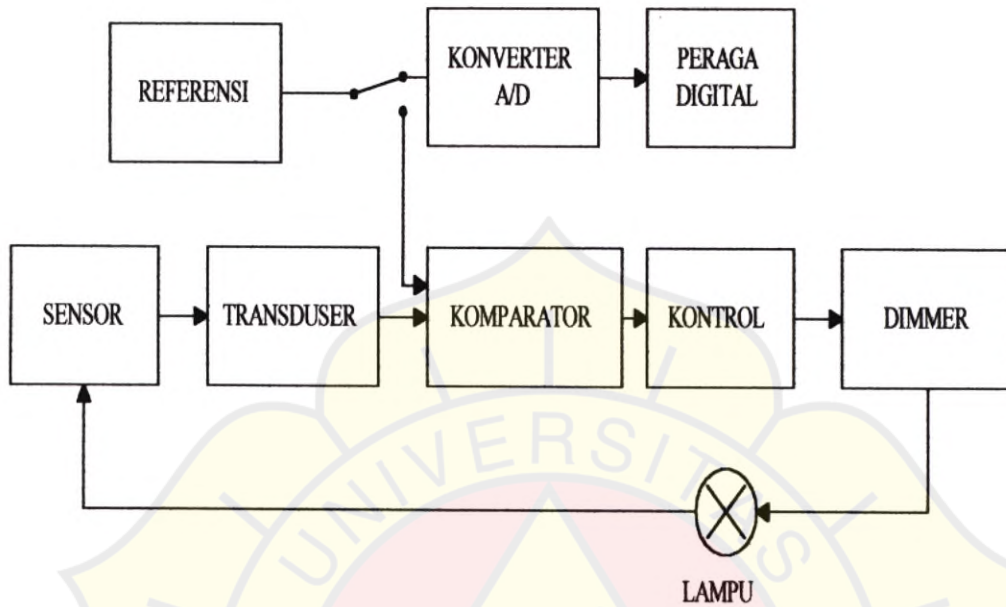
Dapur :		
Penerangan setempat	500 lux	250 lux
Penerangan umum	250 lux	125 lux
Ruangan-ruangan lain :		
Kamar tidur, kamar mandi, kamar rias (penerangan setempat)	500 lux	250 lux
Gang, tangga, gudang, garasi	250 lux	125 lux
Penerangan setempat untuk pekerjaan-pekerjaan ringan (hobby dan sebagainya)	500 lux	250 lux
Penerangan umum	250 lux	125 lux

2.4 Teori Rangkaian

Pada prinsipnya alat pengatur kuat penerangan yang direncanakan, mempunyai proses kerja sebagai berikut :

- Rangkaian referensi menghasilkan tegangan keluaran sesuai yang dikehendaki, kemudian diteruskan pada rangkaian konverter a/d (tampilan dapat dilihat pada peraga 7-segmen).
- Transduser menerima kuat penerangan lampu melalui sensor untuk kemudian diubah kedalam besaran listrik.
- Hasil keluaran dari referensi (V1) dan keluaran transduser (V2) diteruskan pada rangkaian komparator.
- Keluaran komparator menjadi masukan bagi rangkaian kontrol yang kemudian menggerakkan motor guna menyesuaikan potensiometer pada rangkaian dimmer
- Dengan demikian lampu bekerja sesuai dengan kuat penerangan yang dikehendaki.

Diagram blok dari rangkaian alat pengatur kuat penerangan cahaya digital yang direncanakan dapat dilihat pada *gambar 2.2* dibawah ini,



Gambar 2.2 Diagram blok alat pengatur penerangan digital

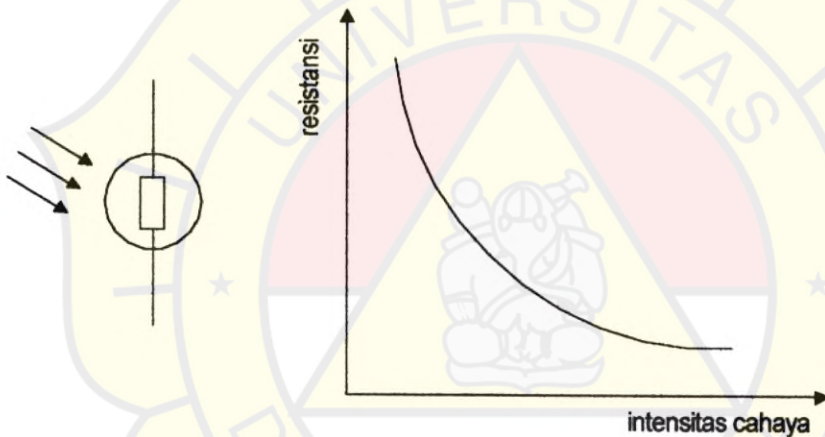
2.4.1 Rangkaian Transduser

Bagian transduser berfungsi untuk merubah besaran kuat penerangan menjadi besaran tegangan listrik arus searah (DC). Transduser terdiri dari sensor cahaya dan rangkaian penguat tegangan yang berfungsi untuk menyesuaikan kebutuhan besarnya tegangan arus searah. Hal pokok yang harus diperhatikan pada transduser ini adalah bahwa perubahan tegangan arus searah yang dihasilkan pada keluaran berbanding lurus linier terhadap perubahan besarnya kuat penerangan cahaya sebagai masukan.

Sensor dalam transduser ini haruslah merupakan komponen yang berkaitan dengan perubahan kuat penerangan cahaya. Beberapa komponen tersebut antara lain :

2.4.1.1 LDR (Light Dependent Resistor)

LDR merupakan komponen yang mempunyai perubahan resistansi listrik terhadap perubahan kuat penerangan yang diterima. Resistansi LDR berkurang dengan naiknya kuat penerangan. Grafik hubungan antara intensitas cahaya dan resistansi dapat dilihat pada *gambar 2.3*. Walaupun perubahan resistansi relatif besar terhadap perubahan kuat penerangan yang kecil tetapi grafik antara resistansi dengan kuat penerangan tidak linier. Apabila LDR ini digunakan dalam transduser harus dilengkapi dengan penguat khusus yang mengkompensasikan ketidaklinierannya. Rangkaian penguat khusus tersebut relatif sulit untuk direalisasikan.



Gambar 2.3 Kurva perubahan resistansi terhadap intensitas cahaya

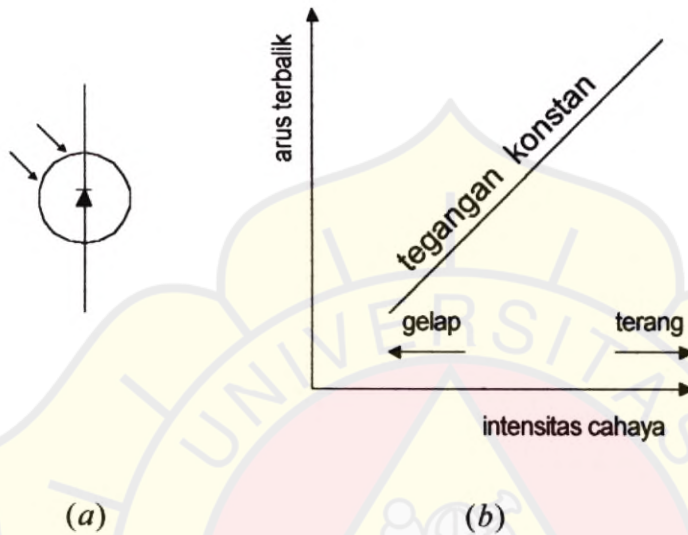
2.4.1.2 Fotodiode

Fotodiode mempunyai sifat-sifat penting antara lain :

Pertama, mempunyai karakteristik yang mirip dengan diode biasa, yaitu pada arah bias maju (forward bias) lebih mudah menghantarkan arus dan sebaliknya pada bias arah lawan (reverse bias) sukar menghantarkan arus. Kedua, pada bias arah lawan besarnya arus yang dihasilkan berbanding lurus dengan kuat penerangan yang diterima. Arus balik (reverse) dari fotodiode kecil seperti pada

umumnya dioda, dan berubah sesuai dengan tingkat intensitas pencahayaan, kurang lebih antara 1 nano ampere sampai dengan 1 mili ampere.

Gambar 2.4 menunjukkan simbol dan kurva karakteristik dari komponen fotodioda.



Gambar 2.4 Simbol dan karakteristik Fotodioda

(a) Simbol

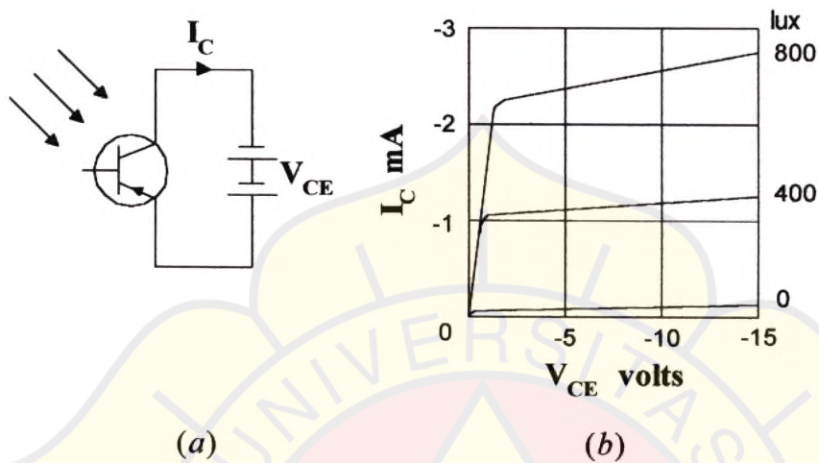
(b) Karakteristik reverse bias

2.4.1.3 Fototransistor

Komponen fototransistor juga dapat dipakai sebagai transduser cahaya. Cara kerja dan sifat-sifat dasar fototransistor seperti pada transistor biasa. Perbedaan antara transistor biasa dengan fototransistor terletak pada bagian basis (base). Sinyal masukan bagian basis pada fototransistor bukan sinyal listrik seperti pada transistor biasa, melainkan sinyal cahaya. Gambar simbol dan karakteristik I - V seperti pada gambar 2.4.

Sifat penting fototransistor adalah pada beban dan tegangan sumber daya yang tetap, arus kolektor yang dihasilkan berbanding lurus (linear) terhadap perubahan kuat penerangan yang diterima pada basis. Sifat penting lain adalah

bahwa perubahan kuat penerangan yang kecil pada basis dapat menghasilkan perubahan arus pada kolektor relatif besar (dalam order ampere). Rangkaian transduser dengan fototransistor akan sangat tergantung pada garis beban dan sumber catu tegangan (biasing). Gambar 2.5 menunjukkan rangkaian dan karakteristik fototransistor.

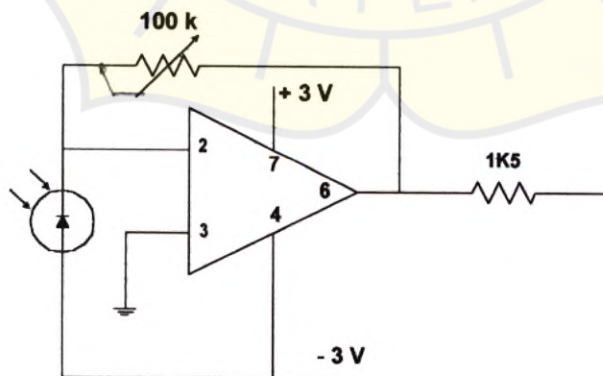


Gambar 2.5 Fototransistor

(a) Rangkaian fototransistor

(b) Karakteristik keluaran fototransistor

Rangkaian transduser yang cukup sederhana dan mempunyai unjuk kerja yang cukup baik, umumnya menggunakan komponen fotodiode seperti pada gambar 2.6 berikut ini.



Gambar 2.6 Rangkaian transduser dengan fotodiode

Dari kurva karakteristik pada tegangan tetap dapat dituliskan persamaan:

$$I_d = k.E \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana I_d : arus listrik yang mengalir pada arah balik (reverse)

E : kuat penerangan yang diterima

k : konstanta pembanding

Dari rangkaian transduser gambar 2.6 akan diperoleh persamaan masukan dan keluaran sebagai berikut :

$$V_{out} = I_{out} \cdot R \dots\dots\dots(2.7)$$

Dari sifat op-amp maka diperoleh :

$$I_{in} + I_{out} = 0$$

$$I_{out} = - I_{in} \dots\dots\dots(2.8)$$

Bias arah balik (reverse) pada fotodiode, maka :

$$I_{in} = - I, \text{ sehingga}$$

$$I_{out} = I = k X \dots\dots\dots(2.9)$$

Jadi dari persamaan (2.7) dan (2.9) akan diperoleh :

$$V_{out} = kX \cdot R \dots\dots\dots(2.10)$$

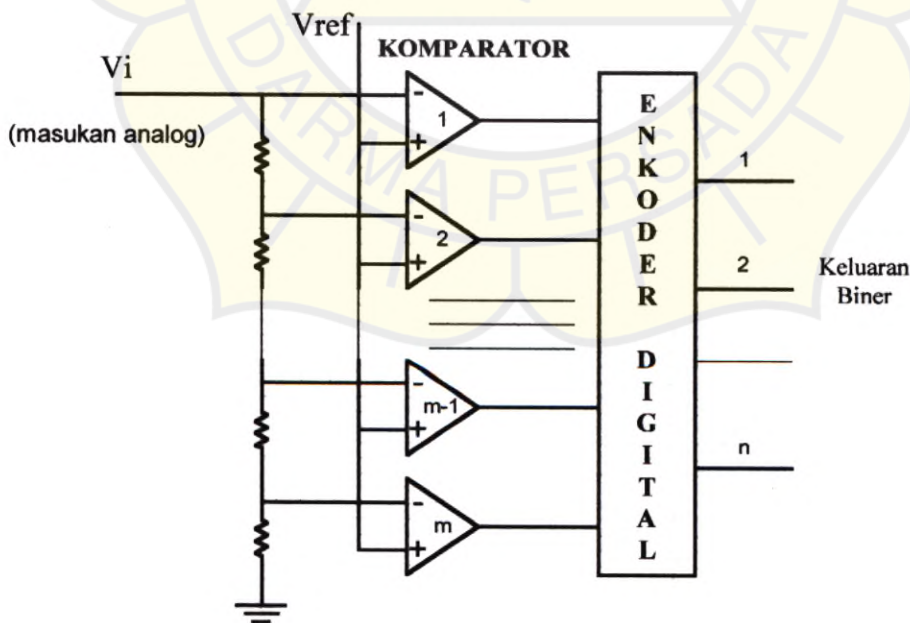
Besarnya tegangan keluaran dari transduser berbanding lurus dengan kuat penerangan. Untuk mengkalibrasikan rangkaian ini agar diperoleh tegangan keluaran sesuai dengan harga kuat penerangan tertentu yang diterima, dengan cara mengatur harga tahanan.

2.4.2 Konverter Analog ke Digital

Konverter analog ke digital adalah peralatan yang dipakai untuk merubah sinyal listrik bentuk analog menjadi bentuk digital. Beberapa jenis konverter analog ke digital yaitu antara lain : jenis staircase, jenis succesive approximately dan jenis time encoder. Masing-masing jenis konverter mempunyai kelebihan dan kekurangan, oleh karena itu penggunaannya disesuaikan dengan kebutuhan rancangan peralatan.

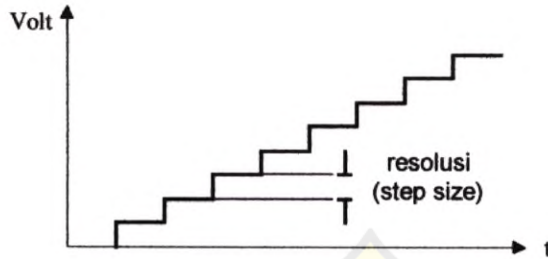
2.4.2.1 Konverter A/D jenis staircase

Prinsip dasar konverter jenis ini dapat dijelaskan melalui diagram blok gambar 2.7a



(a)

Gambar 2.7 b menunjukkan grafik level tegangan.



(b)

Gambar 2.7 Konverter A/D jenis staircase

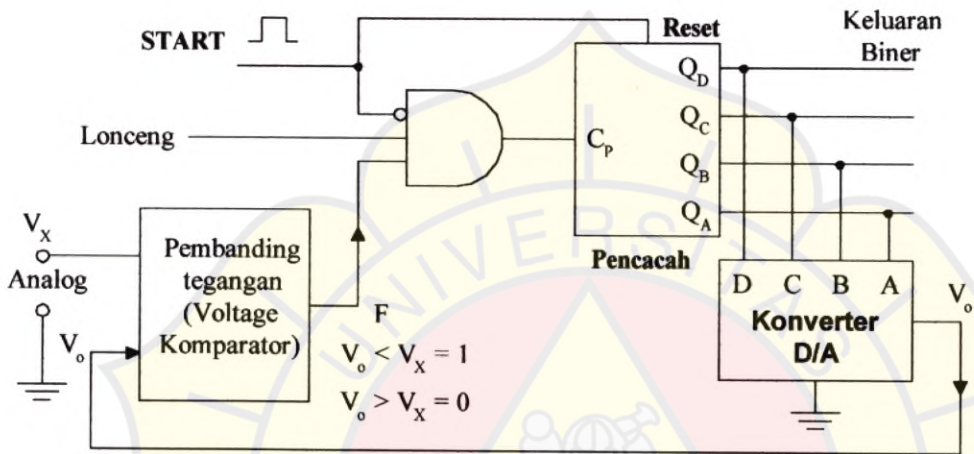
(a) Blok diagram rangkaian

(b) Level tegangan pada masukan komparator

Sinyal analog V_i yang dimasukkan pada bagian input rangkaian akan memberi masukan pada terminal non - inverting dari masing - masing komparator (komp 1, 2, ...). Karena tegangan referensi pada terminal inverting masing-masing level berurutan besarnya seperti pada gambar 2.7.b, maka besarnya V_i akan menentukan jumlah keluaran komparator yang kondisinya menjadi "1" (high). Melalui encoder jumlah kondisi "1" tersebut akan dinyatakan dalam bilangan biner. Bila akan diperagakan dalam bentuk desimal harus ditambahkan decoder BCD. Untuk sejumlah n bit keluaran rangkaian konverter A/D ini memerlukan jumlah komparator sebanyak 2^n buah. Jadi misalnya digunakan pada rancangan peralatan ini yaitu 3 Digit atau 12 bit, maka komparator yang diperlukan = 2^{12} buah.

2.4.2.2 Konverter A/D jenis successive approximately

Prinsip dasar konverter A/D jenis ini ditunjukkan pada diagram blok gambar 2.8

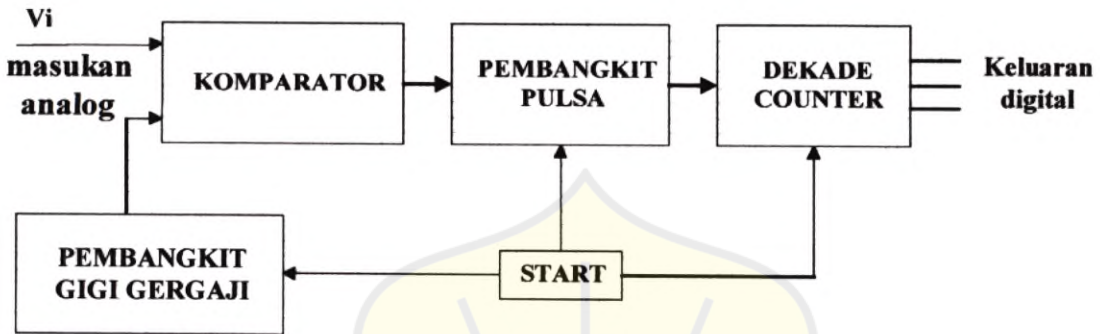


Gambar 2.8 Diagram Blok Konverter A/D successive Approximately

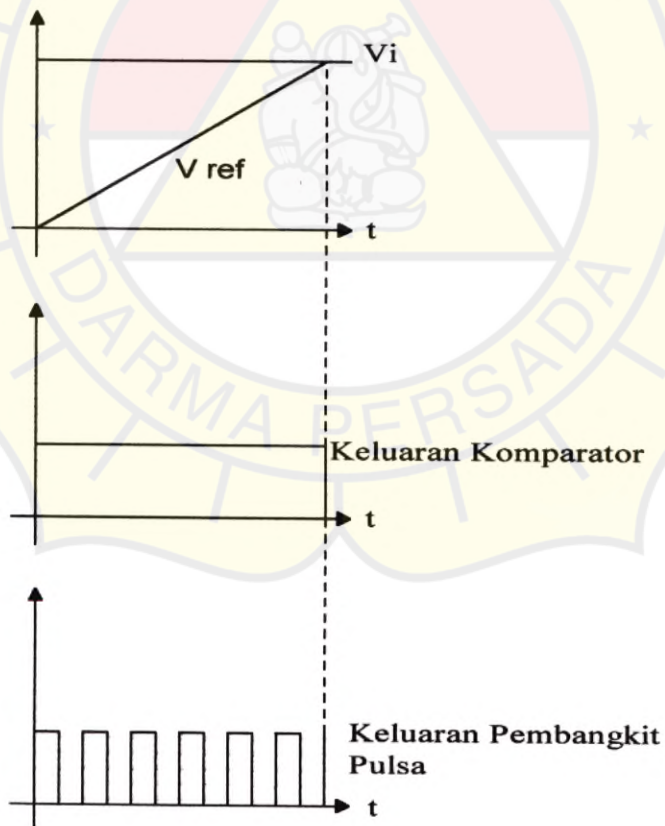
Bila sinyal analog V_i diberikan pada masukan, maka pada keadaan awal $V_i > V_o$, keluaran dari komparator adalah "1" (tinggi), maka pulsa clock dilewatkan melalui AND gate dan dihitung dibagian digital counter. Bersama dengan itu keluaran konverter D/A naik hingga $V_o = V_i$. Pada saat ini keluaran komparator menjadi "0" (rendah), sehingga pulsa clock ditahan oleh AND gate, digital counter berhenti menghitung. Hasil keluaran terakhir ini merupakan nilai bilangan biner dari masukan analog (V_i). Untuk diperagakan dalam peraga desimal masih harus terlebih dahulu dirubah kedalam BCD (Binary Code Decimal). Selain itu rangkaian konverter ini relatif mahal dan rumit, karena memerlukan konverter Digital ke Analog.

4.2.3 Konverter A/D jenis interval encoder

Gambar 2.9 menunjukkan prinsip dasar dari konverter A/D jenis interval encoder.



Gambar 2.9 a Blok diagram konverter A/D jenis interval encoder



Gambar 2.9 b Proses sinyal

Dari gambar 2.9a dapat dijelaskan bahwa rangkaian start memulai menggerakkan pembangkit pulsa clock dan pembangkit gelombang gigi-gergaji. Pulsa clock tadi dihitung langsung pada pencacah (counter). Sinyal analog V_i yang dihubungkan pada masukan rangkaian dibandingkan dengan tegangan yang dikeluarkan dari pembangkit gelombang gigi-gergaji, pada komparator. Apabila tegangan gigi-gergaji telah mencapai harga sama dengan V_i , maka komparator akan mengeluarkan pulsa untuk menghentikan pembangkit pulsa clock, dan counter berhenti menghitung, hitungan terakhir menunjukkan nilai digital dari V_i (lihat gambar 2.9b). Nilai digital ini dapat langsung berupa BCD yaitu dengan menggunakan pencacah dasar (decade counter) sehingga dapat dihubungkan dengan peraga desimal.

2.4.2.4 Peraga digital dengan 7-segmen

Untuk keperluan menampilkan bilangan desimal pada peraga digital, dapat digunakan seven segment display (peraga 7-segmen), yaitu peraga yang disusun dari 7 buah LED (light emitting dioda) seperti terlihat pada gambar 2.10. Masing-masing LED akan menyala cukup baik bila pada bagian anoda - katoda diberi beda tegangan kurang lebih 1,7 volt. Agar LED dapat bertahan (tidak rusak), arus yang mengalir padanya harus dibatasi tidak melebihi 20 mA. Sehingga bila pada LED diumpankan tegangan 5 Volt, maka pada LED perlu dipasang tahanan seri. Arus pada LED dapat dihitung dengan persamaan :

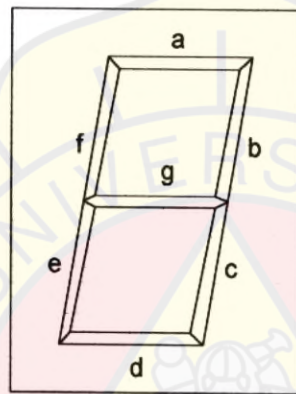
$$I_{LED} = \frac{(V_S - V_{LED})}{R_S} \dots\dots\dots(2.11)$$

- dimana : I_{LED} = arus yang diperlukan pada LED
- V_S = tegangan sumber
- V_{LED} = beda tegangan antara anoda dan katoda LED
- R_S = besarnya R_s yang harus dipasang

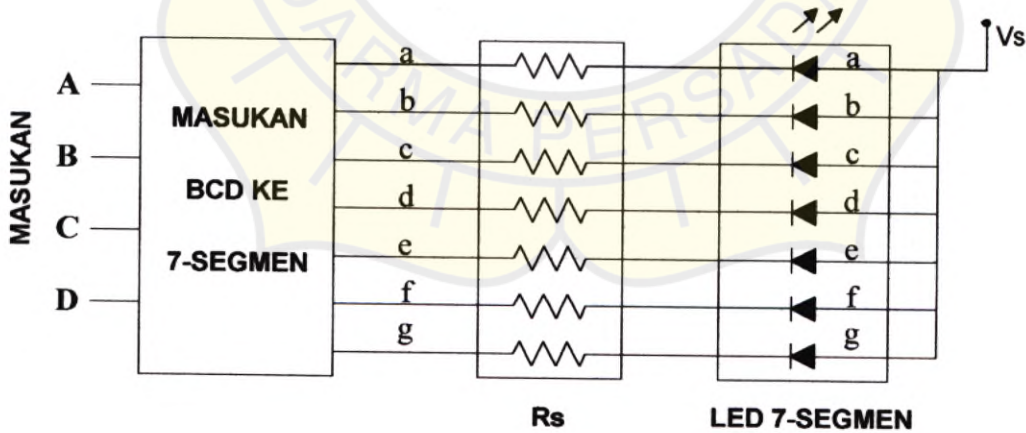
Ada dua jenis peraga 7-segmen yaitu jenis anoda bersama (common anode) dan jenis katoda bersama (common catode).

Untuk meragakan bilangan biner desimal (BCD), terlebih dulu dilewatkan melalui dekoder BCD ke 7-segmen. Fungsi dekoder ini tidak lain untuk menyesuaikan LED mana saja yang harus menyala agar terjadi kesesuaian antara bilangan biner dan angka desimal pada yang ditampilkan.

Gambar 2.10 menunjukkan bentuk peraga 7-segmen.



Gambar 2.10 LED 7- segmen

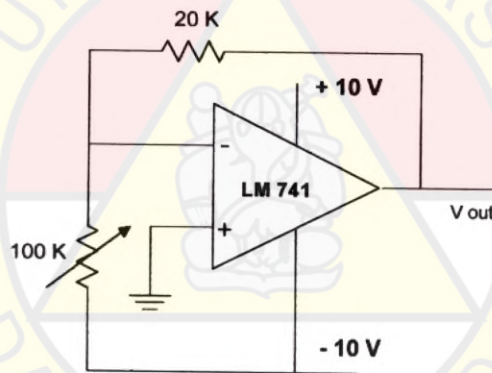


Gambar 2.11 Diagram blok peraga digital

Sebagai contoh lihat *gambar 2.10 dan 2.11*, misalnya kondisi masukan *gambar 2.11* adalah (0 1 0 1) maka pada peraga *gambar 2.10* menunjukkan angka 5. karena LED 7-segmen jenis anoda bersama, keluaran dekoder harus menghasilkan LED a,f,g,c,d mendapat bias maju (forward bias) , sehingga menyala.

2.4.3 Rangkaian Referensi

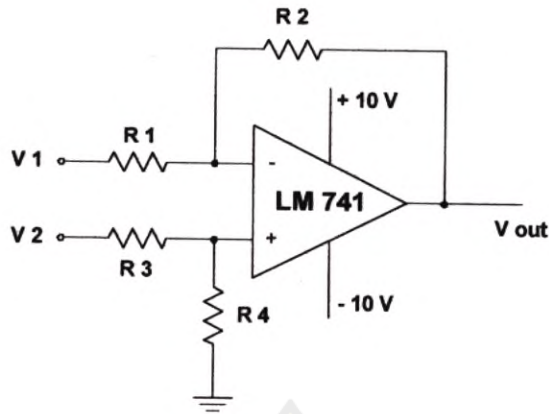
Prinsip kerja dari rangkaian ini hampir menyerupai prinsip rangkaian transduser, hanya saja sebagai masukannya adalah dengan menggeser nilai tahanan guna mendapatkan tegangan keluaran sesuai yang diinginkan. Hal ini dapat dilihat dari gambar rangkaian referensi di bawah ini.



Gambar 2.12 Rangkaian referensi

2.4.4 Rangkaian Komparator

Rangkaian ini dimaksudkan untuk membandingkan antara tegangan masukan V_1 yang berasal dari keluaran rangkaian referensi dengan tegangan masukan V_2 yang berasal dari keluaran rangkaian transduser. Selanjutnya keluaran rangkaian komparator diteruskan pada rangkaian kontrol (masukan tegangan rangkaian kontrol). Skema rangkaian komparator dapat dilihat pada *gambar 2.13* berikut ini.



Gambar 2.13 Rangkaian komparator

Perhitungan dari rangkaian di atas dapat dilihat pada rumusan berikut ini :

$$V_{out} = \left(\frac{R1 + R2}{R3 + R4} \right) \frac{R4}{R1} \times V2 - \frac{R2}{R1} \times V1$$

Untuk $R_1 = R_3$ dan $R_2 = R_4$,

$$V_{out} = \frac{R2}{R1} (V2 - V1)$$

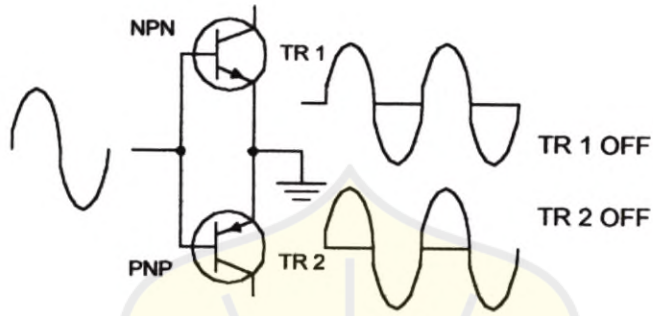
Rangkaian selisih ini dimaksudkan agar menghasilkan $V_{out} = V_2 - V_1$ sehingga $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$

2.4.5 Rangkaian kontrol

Rangkaian yang digunakan adalah jenis push - pull dengan prinsip kerja sebagai berikut :

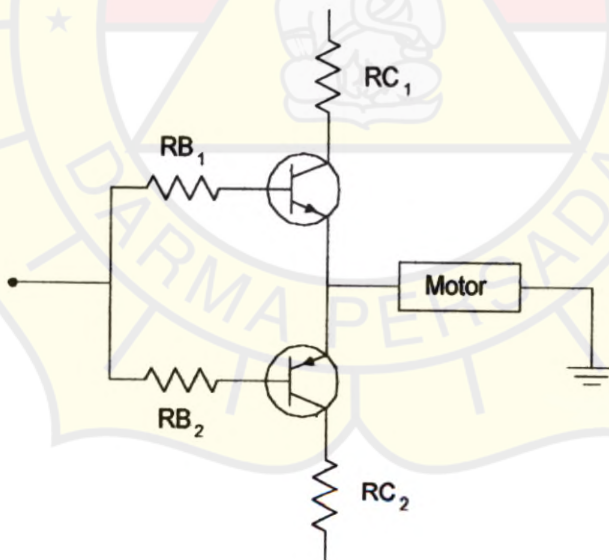
Pada rangkaian ini terdapat dua jenis transistor NPN dan PNP. Transistor jenis NPN berfungsi apabila pada basis mendapat tegangan positif kemudian meneruskan arus ke emiter dan berhenti ketika mendapat tegangan negatif pada

basisnya. Pada transistor jenis PNP bekerja ketika pada basis mendapat tegangan negatif dan berhenti bekerja ketika mendapat tegangan positif. Hal ini dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2.14 Prinsip kerja rangkaian push-pull

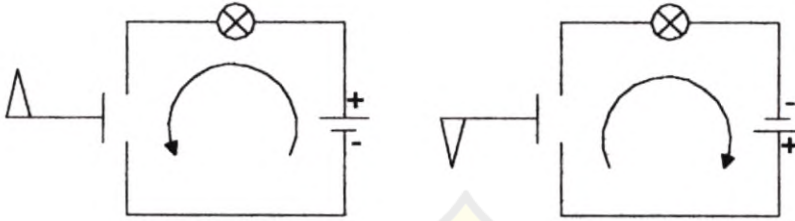
Rangkaian kontrol dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



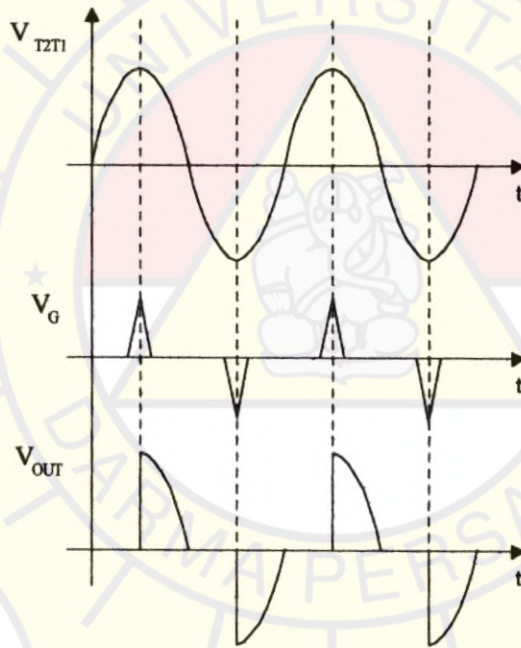
Gambar 2.15 Rangkaian kontrol

2.4.6 Rangkaian Dimmer

Cara kerja dari rangkaian ini dapat dilihat pada gambar berikut,



Gambar 6.11 Prinsip kerja diac triac



Gambar 6.12 Proses perubahan sinyal