BAB II

DASAR TEORI

2.1. Serat Optik

Konsep komunikasi melalui sumber cahaya di udara dikenal sejak dahulu. Jarak, ketergantungan dan keterbatasan penggunaan sumber cahaya menjadi kendala ketika terjadi absorbsi cahaya oleh atmosfer serta kebutuhan transmisi tertutup untuk tujuan tertentu. Penggunaan serat kaca sebagai penuntun gelombang optik untuk menyalurkan cahaya telah mengawali penggunaan serat optik untuk mengatasi kendala tersebut, dan hingga saat ini telah dilakukan pengembangan teknologi serat optik (Tugal, 1982).

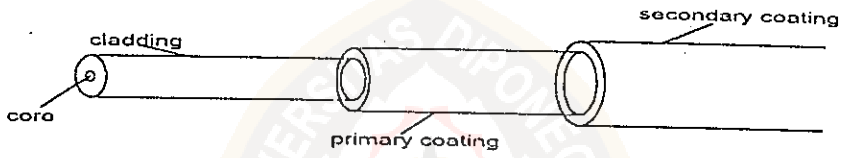
Serat optik merupakan penemuan baru dalam sistem transmisi sinyal. Saat ini pemakaian serat optik semakin meluas karena ukurannya lebih kecil dan ringan, memiliki rugi-rugi panjang transmisi relatif kecil dibanding dengan kabel konvensional serta bersifat *non konduktif, non radiatif dan non induktif* karena bahannya bukan logam penghantar listrik (Catur,1995).

Pada sistem optik, sinyal ditransmisikan dalam bentuk foton (cahaya) yang tidak berarus listrik dan karenanya tidak bisa dipengaruhi oleh medan listrik seperti pada daerah bertegangan tinggi atau selama pemutusan arus. Begitu juga pada daerah bermedan magnet tinggi dari motor, mesin, transformator dan lainnya, tidak berpengaruh pada transmisi optik. Tidak ada kemungkinan terjadi masalah tertukarnya data atau sinyal akibat kebocoran fluks karena serat optik dilindungi oleh lapisan utama yang tidak tembus cahaya.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Serat optik umumnya terdiri dari inti dan selubung terbuat dari gelas silika SiO_2 yang mempunyai temperatur pelunakan tinggi. Struktur serat optik dapat dilihat pada gambar 2-1.

Indeks bias selubung sedikit lebih rendah dari intinya sehingga terjadi perambatan gelombang cahaya hanya di dalam inti saja. Terjadinya perambatan gelombang cahaya hanya di dalam inti disebabkan karena cahaya yang datang mempunyai sudut datang lebih besar dari sudut kritis pada suatu bidang permukaan.



Gambar 2-1. Struktur serat optik (Catur, 1995).

Serat optik dapat dikatakan sebagai penghantar cahaya berbentuk bulat, terdiri dari inti yang dikelilingi oleh selubung yang konsentris.

Karena inti mempunyai indeks bias sedikit lebih tinggi dari selubung, maka peralihan gelombang cahaya dari inti ke selubung di dalam sudut batas tertentu terjadi pantulan total. Lapisan selubung ini menjamin bahwa sinyal optik tidak dapat diinterferensi oleh sinyal optik lainnya jika serat optik saling didekatkan. Faktor tersebut juga menjamin keamanan transmisi, karena sinyal tidak dapat disadap disepanjang jalur transmisi.

Selain itu serat optik mempunyai sifat - sifat sebagai berikut, penghilangan

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

resiko bunga api listrik dan kebakaran, pengisolasian listrik sehingga tidak memerlukan jaringan pertanahan (*grounding*), ukuran serta berat kecil namun kemampuan tinggi, menaikkan jangkauan frekuensi (*bandwidth*) sampai dengan 10 GHz/km dan kerugian pada transmisi sinyal frekuensi tinggi lebih rendah dari kabel koaksial serta tahan pada berbagai kondisi cuaca dan di dalam aliran fluida (Anonim, 1994).

Cahaya di dalam inti merambat berupa mode-mode yang diskrit. Mode adalah kumpulan pancaran sinar (berkas) di dalam inti yang disebabkan oleh pantulan pada daerah peralihan dari inti ke selubung dan setiap mode mempunyai lintasan tertentu sepanjang inti serat yang tergantung sudut datang.

2.2. Jenis-jenis Serat Optik

Serat multi mode mempunyai diameter inti yang relatif besar yaitu 50 μm. Diameter yang besar memudahkan kopling antara dua serat ataupun antara sumber cahaya dengan detektornya. Serat multi mode hanya dipakai untuk transmisi yang berjarak pendek saja, sebab terjadi kelompok tunda (*delay group*) yang membatasi kapasitasnya (*bit rate*).

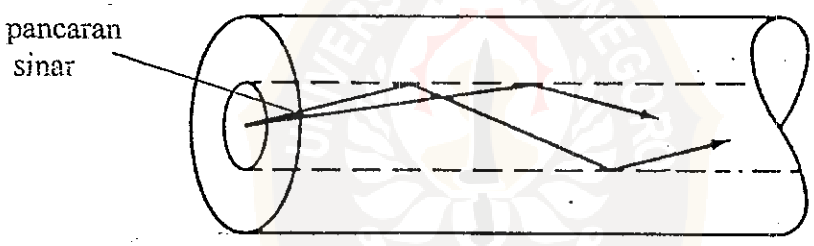
Serat single mode mempunyai diameter yang lebih kecil dari serat multi mode yaitu 9 μm. Cahaya dengan panjang gelombang 1,3 μm atau 1,55 μm akan dapat merambat secara tunggal (*single mode*) di dalam intinya. Pada *single mode* tidak terjadi kelompok tunda (*delay group*), oleh karenanya pulsa keluaran sama dengan pulsa masukannya, kapasitasnya jauh lebih besar daripada serat

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

multi mode. Serat *single mode* ini cocok untuk transmisi jarak jauh dengan kapasitas yang besar.

2.2.1. *Multi Mode Step Index*

Multi mode step index dapat dilihat pada gambar 2-2. Pada serat optik jenis ini mempunyai indeks bias inti sehingga terdapat banyak mode di dalam intinya dan setiap mode mempunyai panjang lintasan tersendiri yang ditentukan oleh sudut datang. Akibatnya pulsa keluaran menjadi lebih lebar dibanding dengan masukannya, hal ini akan menyebabkan terbatasnya *bite rate* sinyal digital yang akan dikirim (Gerd, 1983).



Gambar 2-2. *Step index multi mode fibre* (Gerd, 1983)

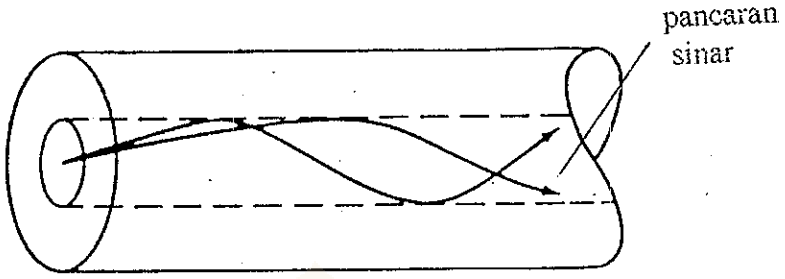
2.2.2. *Multi Mode Graded Index*

Index bias intinya berubah (berkurang) secara berangsur-angsur dari pusat inti ke tepi inti, akibatnya kecepatan perambatan bertambah secara terus-menerus sehingga pancaran sinar pada tepi dari inti mempunyai waktu untuk merambat yang lebih singkat dari pada pancaran pada pusat inti (Gerd, 1983).

Karena karakteristik tersebut, maka pancaran (berkas) sinar pada intinya

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

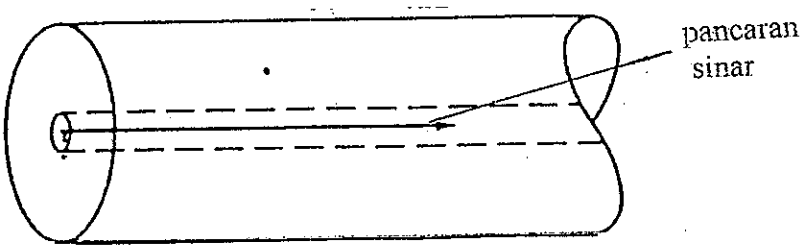
tidak berbentuk garis lurus yang terputus-putus tetapi membentuk lengkungan yang pada akhirnya setiap mode akan bertemu pada satu titik, meyebabkan hilangnya *group delay*. Sehingga pulsa keluaran hampir sama dengan masukannya, dan meningkatkan kapasitas (*bite rate*) dari sinyal digital yang akan ditransmisikan. *Multi mode graded index* dapat dilihat pada gambar 2-3.



Gambar 2-3. *Graded index multi mode fibre* (Gerd, 1983)

2.2.3. Single Mode Step Index

Pada serat *single mode* yang ditunjukkan pada gambar 2-4 hanya mempunyai satu mode dari propagasi cahaya pada inti serat karena diameter inti yang begitu kecil yaitu 9 μm. Pulsa keluaran hampir tidak mengalami pelebaran sehingga kapasitasnya lebih besar dibandingkan dengan serat *multi mode graded index* (Gerd, 1983).



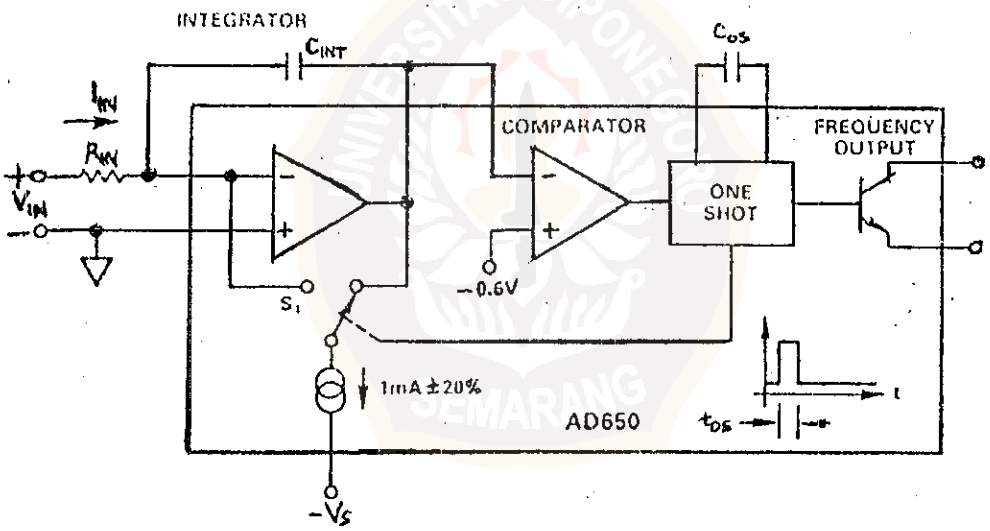
Gambar 2-4. *Step index single mode fibre* (Gerd, 1983)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

2.4. AD 650

AD 650 adalah rangkaian monolitik pengubah tegangan ke frekuensi atau pengubah frekuensi ke tegangan yang menyediakan kombinasi dari operasi pada frekuensi tinggi dan frekuensi rendah nonlinier. Sifat yang ada pada transfer tegangan ke frekuensi membuat AD 650 berguna sebagai analog ke digital pada resolusi tinggi (Anonim 1, 1999).

Diagram blok sederhana dari AD 650 ditunjukan pada gambar 2-5 yang terdiri dari sumber arus, sebuah integrator masukan, saklar kendali, sebuah komparator dan sebuah pewaktu monostabil.



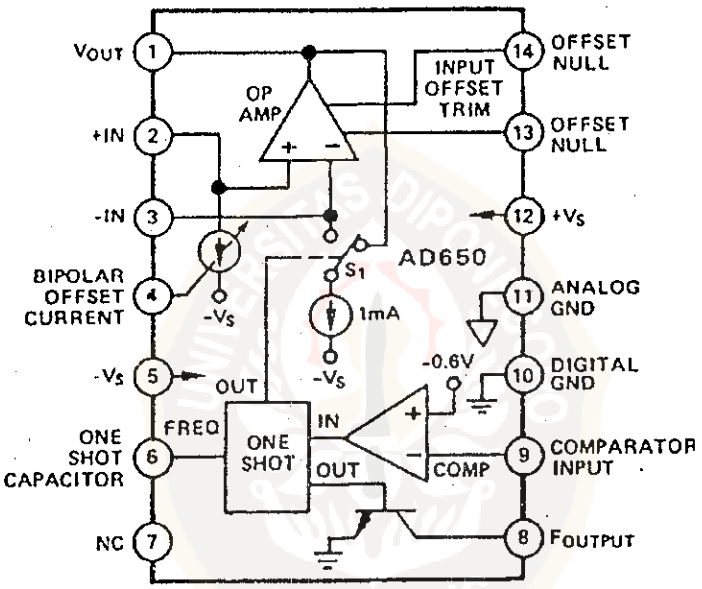
Gambar 2-5. Diagram blok AD 650 (Anonim 1, 1999)

Operasi dari blok AD 650 menggunakan pengoperasian dasar pengubah tegangan ke frekuensi dan pengubah frekuensi ke tegangan. Rangkaian dasar tersebut terdiri dari blok diagram AD 650 sederhana dan bermacam resistor (R)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

serta kapasitor (C) yang terhubung pada pin-pin AD 650. Konfigurasi pin AD 650 dapat dilihat pada gambar 2-6.

AD 650 mempunyai kelinieritasan yang sangat tinggi mencapai batas daerah operasi frekuensi tinggi sampai 1 Mhz. Kombinasi kedua bentuk AD 650 menghasilkan sistem yang sangat berharga dalam pengubahan analog ke digital atau digital ke analog dengan resolusi tinggi.

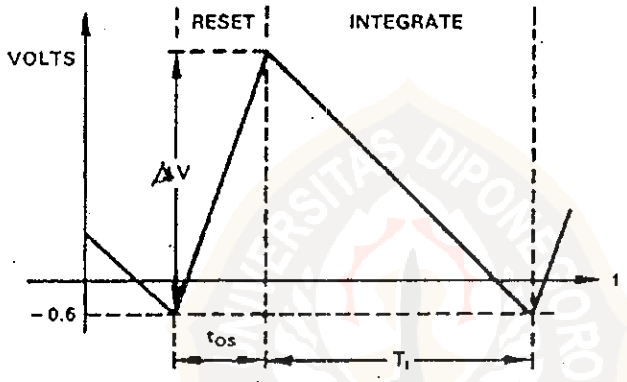


Gambar 2-6. Konfigurasi pin AD 650 (Anonim 1, 1999)

Pada gambar 2-5, sinyal masukan pada rangkaian tersebut diubah ke dalam arus oleh tahanan masukan R_{IN} dan arus sebanding dengan tegangannya. Arus ini digunakan untuk menyatakan arus umpan balik internal yang memiliki waktu pendek yaitu waktu tembak dari sumber arus internal 1 mA. Arus tembak ditentukan secara tepat oleh muatan kapasitornya (C_{OS}). Jumlah muatan yang diperlukan untuk menghasilan satu pulsa keluaran, tergantung dari amplitudo

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

sinyal masukan. Sehingga perubahan tegangan akan linier terhadap frekuensi keluaran. Frekuensi keluaran dilewatkan melalui transistor kolektor terbuka. Ketika keluaran pewaktu monostabil rendah, arus mengatur saklar S_1 yang menyebabkan semua arus ke keluaran op-amp, hal ini disebut waktu integrasi. Ketika pewaktu monostabil dipicu dan keluarannya tinggi, saklar S_1 membelokkan semua arus ke penjumlahan hubungan pada op-amp, hal ini disebut waktu *reset.* Waktu integrasi dan waktu *reset* ditunjukkan oleh gambar 2-7.



Gambar 2-7. Grafik hubungan t dan V pada C_{INT} (Anonim 1, 1999)

Arus yang dihasilkan oleh tegangan masukan positif adalah sebesar:

$$I_{IN} = \frac{V_{IN}}{R_{IN}} \qquad (2\text{-}1)$$

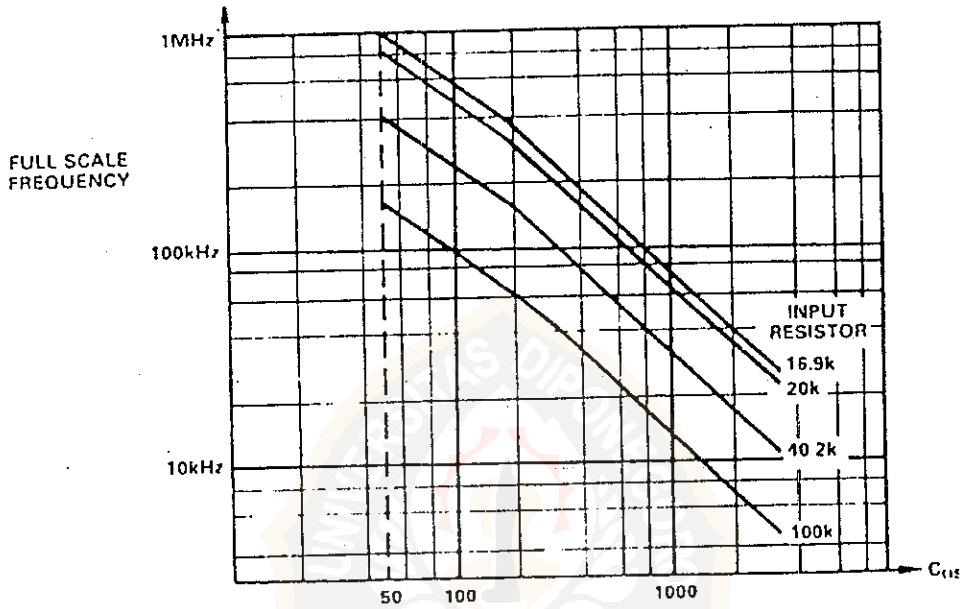
Arus I_{IN} ini memberikan muatan pada C_{INT} sehingga tegangan keluaran pada integrator menurun tajam terhadap *ground.* Ketika tegangan keluaran integrator melewati *threshold comparator* (-0,6 V) maka komparator memicu pewaktu monostabil yang periodanya ditentukan oleh kapasitor pewaktu monostabil (C_{OS}).

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Waktu perioda yang dibutuhkan oleh pewaktu monostabil adalah sebesar:

$$t_{os} = C_{os} \times 6{,}8.10^{3} + 3{,}0X10^{-7} \qquad (2\text{-}2)$$

Hubungan C_{OS} dengan frekuensi ditunjukkan pada gambar 2-8.



Gambar 2-8. Grafik hubungan C_{OS} dan frekuensi (Anonim 1, 1999)

Waktu reset dimulai ketika tegangan keluaran integrator melewati *threshold comparator* dan penurunan integrator ditunjukkan dengan harga sebesar:

$$\Delta V = t_{os} \cdot \frac{dv}{dt} = \frac{t_{os}}{C_{INT}}(1 - I_N) \qquad (2\text{-}3)$$

Setelah waktu reset berakhir, C_{IN} memulai untuk waktu integrasi yang lain dan kemudian menurun kembali. Jumlah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *threshold comparator* diberikan sebagai berikut:

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

$$T_1 = \frac{\Delta V}{dv/dt} = \frac{t_{OS} / C_{INT}(1 - I_{IN})}{I_N / C_{INT}} = t_{os} \left(\frac{1}{I_{IN}} - 1 \right) \quad (2\text{-}4)$$

Kapasitor integrasi C_{INT} tidak mempunyai efek pada hubungan transfer tegangan ke frekuensi tetapi biasanya menghapus amplitudo pada sinyal bergerigi diluar integrator.

$$C_{INT} = \frac{10^{-4} / \sec}{f_{MAX}} \text{ (1000pF minimum)} \quad (2\text{-}5)$$

Jika frekuensi keluaran diberikan:

$$f_{out} = \frac{1}{t_{OS} + T_1} = \frac{I_{IN}}{t_{OS} \times 1} = 0{,}15 \frac{V_{IN} / R_{IN}}{C_{OS} + 4{,}4 \times 10^{-11}} \quad (2\text{-}6)$$

Maka besarnya tegangan keluaran adalah:

$$V_{out} = f_{in} (C_{os} + 4{,}4X10^{-11}).\ R_{IN}.\ \frac{1}{0{,}5} \quad (2\text{-}7)$$

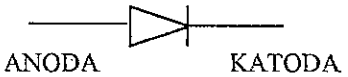
2.4. *Transmitter HFE-4211*

Komponen utama dari *transmitter* serat optik HFE-4211 adalah LED yang merupakan salah satu jenis dioda. *Transmitter* serat optik HFE-4211 terdiri dari LED AlGaAs emiter 820nm yang mampu menghasilkan daya optik yang efisien bagi serat optik ukuran 50/125 μm. *Transmitter* HFE-4211 mempunyai koefisien kopling tinggi sehingga emiter dikendalikan pada arus balik rendah dengan konsumsi daya rendah dan meningkatkan ketahanan uji *transmitter*.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

2.4.1. Dioda

Dioda merupakan peralatan non linier pasif dua terminal. Dioda mempunyai lambang seperti gambar 2-9.



Gambar 2-9. Dioda (Horowits, 1980)

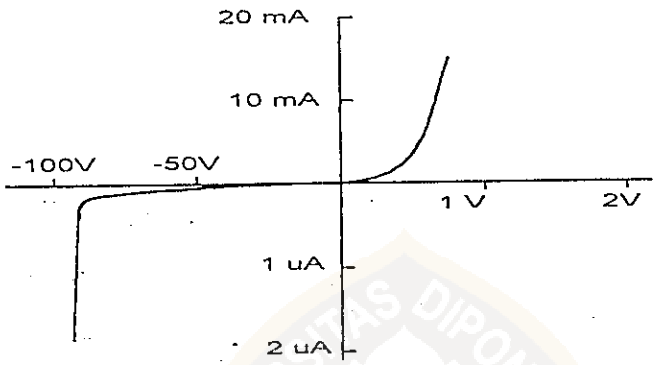
Anak panah dioda (terminal anoda) menunjukkan arah aliran arus maju (*forward*). Arus mundurnya yang diukur dalam orde nanoAmpere untuk yang lazim hampir tak pernah menimbulkan kesulitan. Kecuali jika sampai akhirnya mencapai tegangan mundur yang dapat menimbulkan gangguan (*reverse breakdown voltage*). Misalkan tegangan balik 75 volt pada dioda yang lazim dipakai, 1N914. Selain itu dioda mempunyai resistensi non linier sehingga tahanan DC-nya yakni perbandingan tegangan total dioda dengan arus total dioda, akan berkurang bila arus naik. Tahanan DC ketika arus maju (*forward*) sangat kecil dibanding ketika diberi arus mundur.

Pada kurva hubungan antara tegangan dan arus yang dapat dilihat pada gambar 2-10, diketahui bahwa penurunan tegangan maju (*foward voltage drop*) sekitar 0,5 sampai 0,8 volt dapat diabaikan, dan dioda dapat disamakan dengan konduktor satu arah yang ideal (Horowits, 1980).

Dioda akan rusak bila diberi tegangan yang melampaui tegangan *breakdown*-nya dan juga dengan melampaui nilai batas maksimum dayanya (*maximum power rating*). Setiap komponen mempunyai dissipasi daya, yaitu

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

perkalian tegangan dan arusnya. Jika disipasi daya ini terlampau tinggi akan menghasilkan panas yang mampu membakar musnah dioda. Karena itulah, dioda hampir selalu dihubungkan seri dengan tahanan untuk memperkecil arus yang menjaga foward maksimum berada di bawah nilai batas arus maksimum dioda (Malvino, 1986).



Gambar 2-10. Kurva hubungan V dan I pada dioda (Horowits, 1980)

2.4.2. LED (*Light Emiting Diode*)

LED adalah dioda p-n yang memancarkan cahaya dalam daerah panjang gelombang antara infra merah sampai ultra violet. Pada terminal transmisi LED digunakan sebagai sumber cahaya yang arusnya termodulasi oleh sinyal digital data yang akan dikirim. LED mempunyai karakteristik sama dengan dioda penyearah,hanya saja pada dioda penyearah energi keluar sebagai panas sedangkan pada LED energi keluar sebagai cahaya (Tugol, 1982).

LED mempunyai keunggulan dibanding sumber cahaya lain, yaitu: struktur yang solid, ukurannya relatif kecil, mudah didapat dan murah harganya.

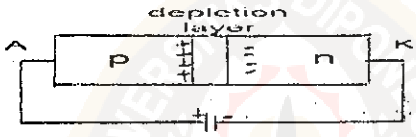
This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

Radiasi cahaya yang dipancarkan LED tergantung pada materi dan susunan dioda p-n. Bahan semikonduktor yang sering dipakai untuk LED antara lain:

- Al Ga As (aluminium galium arsenid) meradiasikan infra merah
- Ga As P (galium arsenid phosphide) meradiasikan cahaya merah dan kuning.
- Ga P (galium phosphide) meradiasikan cahaya merah dan kuning.

2.4.3. Cara kerja LED

Cara kerja LED dapat dilihat pada gambar 2.11



Gambar 2-11. LED yang mendapatkan tegangan maju (Tugal, 1982)

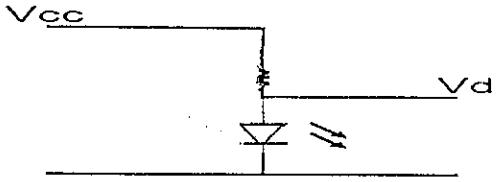
Jika tegangan maju dikenakan pada LED maka daerah deplesi akan mengecil dan potensial penghalang menjadi rendah akibatnya elektron dalam tipe n akan melewati sambungan p-n untuk bergabung dengan hole dalam tipe p.

Elektron bebas dalam pita konduksi mempunyai tingkat energi lebih tinggi dari *hole*. Jika terjadi penggabungan berarti elektron turun ke tingkat energi yang lebih rendah. Turunnya elektron ini membebaskan sejumlah energi dalam bentuk foton sehingga LED dapat mengemisikan cahaya.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

2.4.4. Karakteristik LED

Sebuah rangkaian sederhana LED terdiri atas catu daya sebuah beban dan sebuah LED yang terlihat pada gambar 2-12.



Gambar 2-12. Rangkaian sederhana pembangkit LED (Tugal, 1982)

Seperti juga dioda lain, karakteristik LED adalah harga ketergantungan arus terhadap tegangan. Grafik V-I untuk LED sama dengan grafik V-I untuk dioda. Perbedaannya terletak pada pengertian tentang arus yang lewat. Harga arus yang lewat LED menentukan intensitas cahaya yang dipancarkan LED atau dengan kata lain arus LED sebanding dengan intensitas cahaya. Jika arus makin besar maka intensitas akan naik. Kenaikan ini linier sampai suatu harga tertentu. Di atas harga tersebut arus yang masuk akan merusak LED.

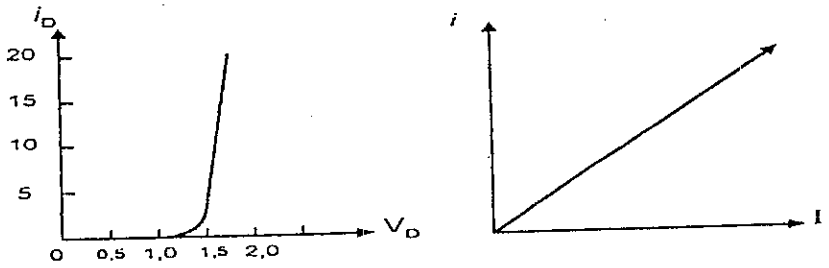
Harga arus yang lewat LED adalah:

$$I = \frac{V_{CC} - V_D}{R} \qquad (2\text{-}8)$$

dengan V_{CC} adalah tegangan dari pecatu daya, V_D adalah tegangan penghalang LED dan R adalah beban

Karakteristik tegangan- arus dan karakteristik arus-intensitas terlihat pada gambar 2-13.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

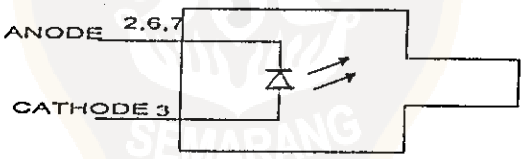


Gambar 2-13. Grafik karakteristik LED (Tugal, 1982)

a. Grafik tegangan-arus

b. Grafik arus-intensitas

HFE-4211 berdaya transmisi tinggi optimal untuk serat optik ukuran kecil dan daya pancar optiknya –15,8 dBm pada 60 mA. Ketinggian level daya pancar optik berguna bagi sistem yang menyebabkan kerugian transmisi yang besar, misalnya rugi kopling, sambungan dalam dan pelengkungan. Skema transmitter HFE-4211 dapat dilihat pada gambar 2-14.



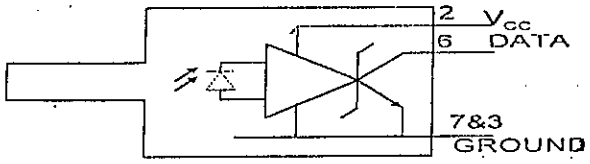
Gambar 2-14. Skema HFE-4211 (Anonim 2, 1999)

2.5. *Receiver HFD-3212*

Komponen utama dari *receiver* serat optik HFD-3212 adalah photodetector yang berupa dioda, serta amplifier DC yang memicu transistor *schottky* kolektor terbuka. *Receiver* HFD-3212 didesain untuk antarmuka secara langsung dengan piranti logic, misalkan CMOS yang membutuhkan simpangan tegangan lebih

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

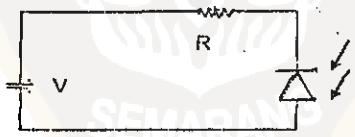
tinggi dari V_{CC}, kedua pin ini direferensikan ke pin 3 dan 7. Keluaran pin data memperbolehkan aliran data gelombang kotak yang merupakan representasi dari frekuensi data yang dikirim.



Gambar 2-15. Skema HFD-3212 (Anonim 2,1999)

2.5.1. Fotodioda

Fotodioda banyak dipakai dalam rangkaian elektronika terutama sebagai sensor dan penerima cahaya pada sistem komunikasi optik. Fotodioda adalah salah satu fotodetektor yang mempunyai struktur dasar dioda yang mempunyai daerah persambungan p-n. Skema fotodioda dapat dilihat pada gambar 2-15.



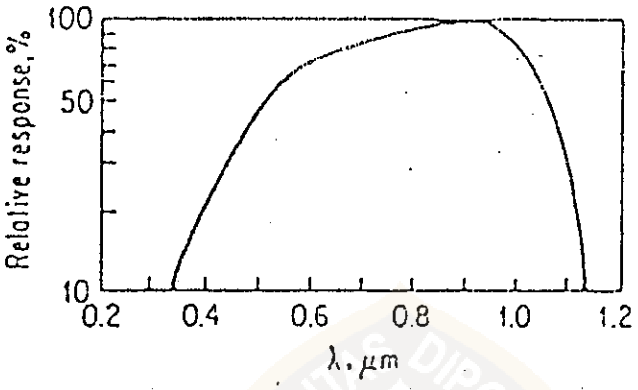
Gambar 2-16. Skema Fotodioda (Tugal, 1982)

Cara kerja fotodioda sama dengan cara kerja dioda lain, bila cahaya menghujani persambungan p-n, maka energi tersebut dapat mengeluarkan elektron-elektron valensi dari orbitnya, menghasilkan elektron bebas dan *hole* sebagai pembawa minoritas yang mampu menambah arus balik. Dengan perkataan lain, jumlah cahaya yang menghujani persambungan p-n dapat

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

mengendalikan arus balik dalam dioda. Makin kuat cahayanya makin banyak jumlah pembawa minoritas makin besar arus baliknya (Malvino, 1986).

Jangkauan spektral fotodioda seperti terlihat pada gambaar 2-16 mempunyai operasi prategangan normal adalah 0,35 sampai 1,13 μm atau dari ultra violet sampai inframerah (Tugal, 1982).



Gambar 2-17. *Typical spectral respone* dari fotodioda (Tugal, 1982)

Arus yang keluar dari dioda masih lemah, berorde puluhan mikroampere, sehingga perlu dikuatkan. Penguat ini biasanya dengan *subsequen amplifiers*, namun karena lemahnya arus maka terjadi penurunan perfoma karena noise yang ditimbulkan oleh temperatur kerja penguat, dan hal ini mengakibatkan distorsi. Noise dan distorsi menurunkan nonlinieritas yang kemudian akan menurunkan kemampuan sistem. Hal tersebut dapat diatasi dengan sistem digital yang mampu mentoleransi distorsi harmonik (Tugal, 1982).

2.5.2. Rangkaian HFD-3212

Receiver HFD-3212 didesain untuk beroperasi dengan suplai +5V sehingga penting untuk menghubungkan antara pin 2 dan pin 3 dengan kapasitor 0,1 μF

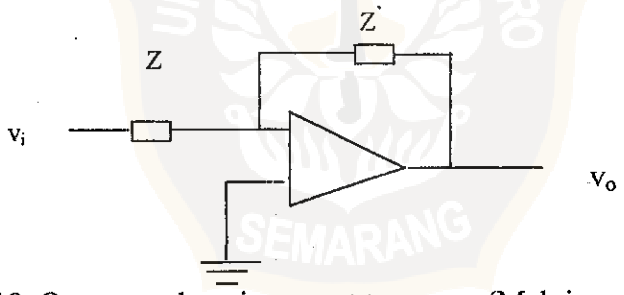
This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

dan transistor. Skema HFD-3212 dapat dilihat pada gambar 2-17.

Gabungan antara HFE 4211 dan HFD 3212 merupakan *optocoupler* yang mampu memisahkan secara listrik antara rangkaian masuk dan keluar, karena hubungan yang ada antara masukan dan keluaran hanya seberkas cahaya. Karenanya terdapat resistansi penyekatan antara dua rangkaian itu dalam ribuan megaohm. Pemisahan ini dibutuhkan dalam pemakaian dengan potensial diantara dua rangkaian berbeda hingga orde ribuan volt.

2.6. Penguat Operasional

Penguatan tegangan pada penguat operasional dengan menggunakan rangkaian sederhana seperti ditunjukan pada gambar 2-18.



Gambar 2-18. Op-amp sebagai penguat tegangan (Malvino, 1986)

Jika besar penguatan op-amp adalah:

$$A = -\frac{z'}{z} \qquad (2\text{-}9)$$

maka tegangan keluaran op-amp adalah:

$$Vo = -\frac{z'}{z}\ Vi \qquad (2\text{-}10)$$

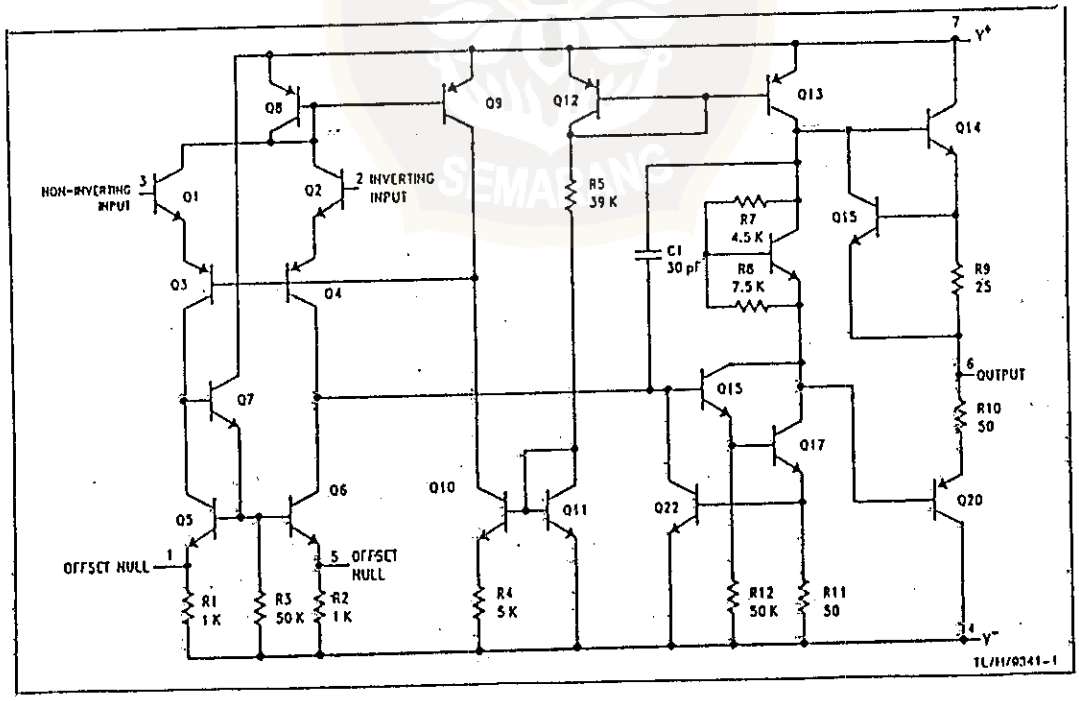
This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

dengan A adalah besar penguatan tegangan, Vi adalah tegangan masukan, Vo adalah tegangan keluaran, dan Z serta Z' adalah hambatan murni yang dipasang pada rangkaian (Malvino, 1986).

Pada penguatan Op-amp sebagai penguat tegangan masukan yang non-inverting ditanahkan sedangkan Vi adalah tegangan yang akan dikuadratkan dinaikkan melalui masukan inverting.

2.7. IC LM 741

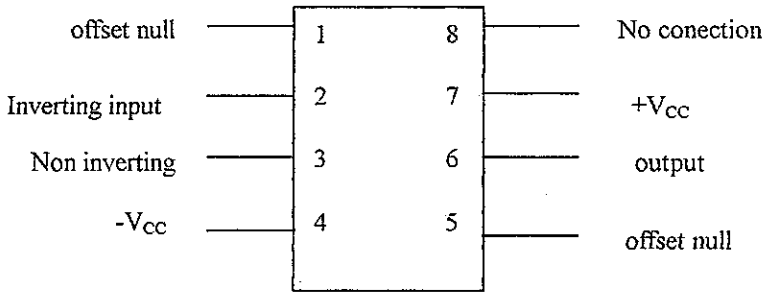
IC LM 741 adalah penguat operasional untuk keperluan umum. IC LM 741 memiliki sifat-sifat yang membuat penerapannya hampir tidak dapat gagal karena mempunyai proteksi beban berlebih di masukan maupun di keluaran, tidak macet kalau jangka ragam tunggal dilampaui dan juga tidak berguncang. Diagram skema LM 741 dapat dilihat pada gambar 2-19.



Gambar 2-19. IC LM 741 (Anonim 3, 1999)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)

LM 741 akan lebih sederhana jika dilihat dari konfigurasi pin – pinnya yang dapat dilihat pada gambar 2-20.



Gambar 2-20. Konfigurasi pin IC LM 741 (Anonim 3, 1999)

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purposes of security, back-up and preservation. (http://eprints.undip.ac.id)