

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian terkait perancangan dan analisis desain jaringan *Fiber To The Building* (FTTB) sebelumnya telah melakukan beberapa penelitian. Penelitian oleh Adhika Putra Ramadhan melakukan perancangan jaringan *Fiber To The Building* (FTTB) dengan menggunakan teknologi berbasis GPON di Mall Cihampelas Walk. Di penelitian ini melakukan pengujian parameter system dari tiga jarak pada ODC-B terdekat, menengah dan terjauh. Dengan menggunakan OLT menggunakan *splitter* 1:4 dan 1:8. Menggunakan parameter *power link budget*, *rise time budget*, *Q-factor* dan *bit error rate*. Dari perancangan ini akan didapatkan hasil dari STO menuju Cihampelas Walk. Berdasarkan hasil yang didapat dari simulasi, dapat diperoleh *power link budget* terbaik pada jarak 2,18 km yang berada pada titik ODC-B terdekat sebesar -17,31 dBm untuk *downstream*, -19,75 dBm untuk arah *upstream*. Parameter *rise time budget* didapat dari perhitungan empiris sebesar 0,25 pada *downstream* dan 0,25 untuk arah *upstream*. Parameter *bit error rate* pada sisi *downstream* mendapatkan $3,4 \times 10^{-044}$ dan pada arah *upstream* diperoleh $8,1 \times 10^{-015}$.

Penelitian oleh AL Akbar melakukan perancangan *Fiber To The Building* (FTTB) dan konfigurasi perangkat aktif (OLT) pada Apartemen Easton Park Residence Jatiningor. Di penelitian ini menggunakan parameter berupa *Link Power Budget* dan *Rise Time Budget* yang sudah terkonfigurasi dengan VLAN pada OLT dengan Id Vlan yang sudah terkonfig, kemudian diteruskan ke user dengan mode VLAN mode akses. Berdasarkan perhitungan parameter *Link Power Budget* sebesar -21,428 dB untuk *downlink* dan *uplink* mendapatkan hasil 4,358 dB yang disesuaikan slot PON OLT yang terdapat pada perancangan jaringan FTTB menggunakan teknologi GPON di Apartemen yang diukur pada ONT jarak terjauh. Dalam hasil ini masih dapat di toleransi sesuai dengan ITU-T G984 sebesar 28 dB. Dan perhitungan *Rise Time Budget* sebesar 0.022ns untuk *downlink* dan 0.583ns untuk *downlink*.

Muhammad Fajar Nugraha melakukan perancangan jaringan *Fiber To The Building* (FTTB) berbasis GPON di Gedung A Apartement Newton. Dalam

penelitian ini melakukan tahap-tahap perancangan seperti denah lokasi, perancangan serta melakukan penelitain hasil berupa *Link Power Budget*, *Rise Time Budget* dan *Bit Error Rate* sebagai parameternya. Pada simulasi manual menggunakan aplikasi *software Optisystem*. Dalam penelitain ini mendapatkan hasil berupa perancangan *downstream* dan parameter *Link Power Budget* dibagi menjadi 3 bagian antara lain jarak terdekat, jarak menengah dan jarak terjauh. 20,53 dB merupakan hasil jarak terdekat, 20,6 merupakan hasil dari jarak menengah dan 21,06 dB merupakan jarak terjauh. Dan untuk *upstream* mendapatkan hasil -4,78 dBm untuk jarak terdekat, hasil -4,85 dBm untuk jarak menengah dan -5,86 dBm untuk jarak terjauh. Dalam penelitian ini masih layak, karenan nilia masih dibawah sensitivitas penerima sebesar 0,2814ns. Pada analisis *Rise Time Budget* mendapatkan hasil sebesar 0,2814ns untuk pengkodean RZ dan pengkodean NRZ mendapatkan hasil 0,5627ns. Untuk hasil perhitungan *upstream* dan *downstream* mendapatkan hasil yang sama sebesar 0,4251ns. Untuk hasil *Rise Time Budget* mendapatkan nilai yang baik karena sistem yang lebih kecil dari batasan waktu dari tiap pengkodean. Untuk parameter berupa performansi system adalah BER yang diperoleh dari simulasi di *Optisystem*. Didapatkan nilai parameter BER mendekati nol (0) untuk *upstream* dan 3.62955×10^{-012} berupa *downstream*. Untuk minimum nilai BER untuk optik adalah 10^{-9} , jadi kedua nilai tersebut telah memenuhi nilai tersebut.

Luthfi Anas Al Rosyid melakukan perancangan jaringan FTTB di Apartemen Tamansari Panoramic Bandung dengan menggunakan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) untuk Layanan Triple Play dan CCTV. Untuk penelitian ini melakukan analisis parameter berupa *Link Power Budget* dan *Rise Time Budget*. Pada perancangan jaringan FTTB menggunakan teknologi GPON di apartemen diukur pada titik ONT terjauh, mendapatkan hasil *downlink* sebesar 27.046 dB dan 27.545 dB untuk *uplink*. Dari hasil tersebut masuk dalam toleransi yang disesuaikan oleh PT. Jabar Telematika sebesar 28 dB. Nilai parameter *Rise Time Budget* sebesar 0.2469ns untuk *downlink* dan 0.21359ns untuk *uplink*. Waktu tersebut masih berada dibawah nilai pengkodean NRZ untuk *downlink* sebesar 0.282ns dan 0.5833ns untuk *uplink*.

2.2 LAYANAN *TRIPLE PLAY*

Layanan *Triple Play* adalah layanan internet yang merupakan layanan jenis baru, dimana layanan tersebut menyediakan layanan seperti data, multimedia dan suara dalam satu kemasan paket. Layanan ini muncul sebagai hasil inovasi dari munculnya layanan internet *broadband* [19].

Terdapat 3 layanan *Triple Play* saat ini antara lain :

1. Paket Data

Paket Data merupakan layanan yang digunakan untuk mengirimkan suatu objek berupa data seperti data internet. Untuk memenuhi kebutuhan internet dengan kecepatan yang tinggi dan memuaskan, jaringan *Triple Play* haru memiliki minimum *bandwidth* sebesar 512Kbps untuk mengakses layanan data dengan baik.

2. Video

Merupaka suatu layanan paket yang memberikan konten-konten audio visual yang berbasis internet *protocol* yaity IPTV. Untuk mengirim komunikasi yang berbentuk video, sebuah jaringan *Triple Play* haruslah memiliki *bandwidth* minimum sebesar 6 Mbps untuk dapat mengakses layanan video yang baik.

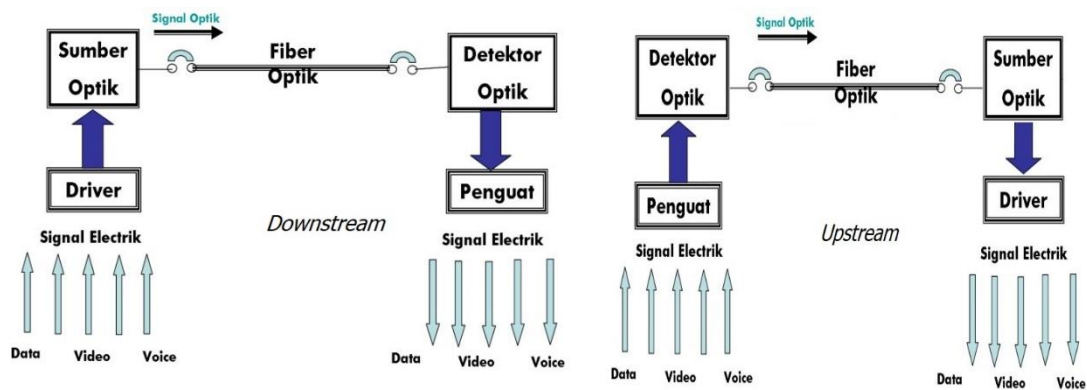
3. *Voice*

Voice merupakan suatu data transmisi sinya suara seperti VoIP. Untuk mengirim komunikasi yang berbentuk informasi video, jaringan *Triple Play Service* harus memiliki *bandwidth* sebesar 6 Mbps untuk mengakses layanan video dengan baik.

2.3 SISTEM KOMUNIKASI SERAT OPTIK

Serat optik merupakan media yang berfungsi sebagai pengiriman data yang terbuat dari kaca atau plastik yang sangat kecil dan halus. Sistem Komunikasi serat optik menggunakan sinyal-sinyal informasi berupa cahaya yang kemudian disalurkan melalui serat optik. Sinyal informasi yang telah dikirimkan berupa sinyal audio, video dan data yang bentuk sinyal elektrik dan kemudian diubah menjadi sinyal optik sebelum ditransmisikan melalui serat optik. Serat optik memiliki dua sumber cahaya antara lain, LED dan Laser. Didalam serat optik terdapat sisi pemancar dan sisi penerima. Sisi pemancar serat optik merupakan komponen berfungsi sebagai mmengubah sinyal optik. Dan untuk sisi penerima serat optik berfungsi sebagai

mengubah sinyal yang telah diterima kembali menjadi sinyal listrik. Konfigurasi sistem komunikasi serat optik ditunjukkan pada gambar 2.1[5].



Gambar 2.1 Alur Sistem Komunikasi Serat Optik [5]

2.3.1 Serat Optik

Serat optik adalah media transmisi fisik yang terbuat dari serat kaca yang dilapisi dengan isolator dan pelindung yang berfungsi untuk menyalurkan informasi dalam bentuk gelombang cahaya. Transmisi data ini dapat terjadi dikarenakan fiber optik dapat mentransmisikan sebuah gelombang cahaya, dan data-data yang akan ditransmisikan akan dititipkan pada gelombang cahaya tersebut. Cahaya ini tidak keluar dari serat kaca karena *index* bias kaca lebih besar dari *index* bias udara, juga mekanisme fiber optik itu sendiri yang tidak membiarkan cahaya keluar. Kabel fiber optik terdiri dari kumpulan banyak serat-serat kaca yang digabung dalam satu kabel. Setiap serat kaca memiliki diameter sebesar 9 sampai 100 mikrometer.

Kabel serat optik (*Fiber Optic*) telah merubah dunia teknologi telepon jarak jauh maupun industri automasi dengan pengontrolan jarak jauh. Serat optik juga memberikan dampak yang besar bagi internet dapat digunakan di seluruh dunia tanpa batas. Ketika serat optik mengubah dunia teknologi dan menggantikan tembaga (*copper*) sebagai media yang digunakan sebelum fiber optik secara tidak langsung mengalami dampak penurunan biaya produksi kabel tembaga tersebut.

Struktur dasar dari sebuah serat optik yang terdiri dari 3 bagian yaitu *core* (inti), *cladding* (kulit), dan *coating* (jaket). Walaupun cahaya merambat melalui sepanjang inti serat tanpa lapisan material kulit namun memiliki beberapa fungsi seperti dapat mengurangi *loss* hamburan pada permukaan inti, sehingga dapat

melindungi serat dari kontaminasi penyerapan permukaan, dapat mengurangi cahaya yang *loss* dari inti ke udara sekitar, dan menambah kekuatan mekanis. Prinsip dasar dari sistem komunikasi serat optik adalah pengiriman sinyal informasi dalam bentuk sinyal cahaya. *Transmitter* kabel serat optik dan *receiver* merupakan dua komponen dasar yang terdapat pada sistem komunikasi serat optik. Kemudian sinyal listrik diubah menjadi sinyal cahaya oleh *transmitter*, serat optik difungsikan sebagai media transmisi dengan sinyal cahaya diubah menjadi sinyal listrik oleh *receiver*. Prinsip pemantulan sinyal optik yang berupa cahaya dengan panjang gelombang tertentu merupakan proses yang terjadi pada pengiriman informasi pada serat optik dengan panjang gelombang tertentu[5].

A. Berdasarkan karakteristiknya, serat optik dapat dibedakan menjadi 2, yaitu:

1. *Single-Mode Fiber* : Pada *Single mode fiber* memiliki diameter ukuran *core* yang paling kecil yakni 8 - 12 μm dan diameter *cladding* sebesar 125 μm . Jenis serat optik ini hampir tidak memiliki *disperse*, dikarenakan jenis serat optik ini hanya bias dilalui hanya satu cahaya yang dapat melawati. *Bandwidth* yang ada pada jenis serat optik ini memiliki relatif besar dengan nilai *bit rate* yang tinggi, sehingga jenis optik ini sering dipergunakan untuk komunikasi jarak jauh.



Gambar 2.2 Serat Optik *Single Mode* [5]

2. *Multi Mode Fiber* : Pada *Multi Mode fiber* memiliki ukuran diameter *core* yang besar dibandingkan dengan *single mode*. Berdiameter *core* nya mulai dari 50 sampai 200 μm , sedangkan diameter *cladding* yakni 125 sampai 400 μm . Dengan karakteristik tersebut, serat optik jenis *multi mode* baik digunakan untuk proses transmisi yang memiliki jarak yang relative dekat. [5].



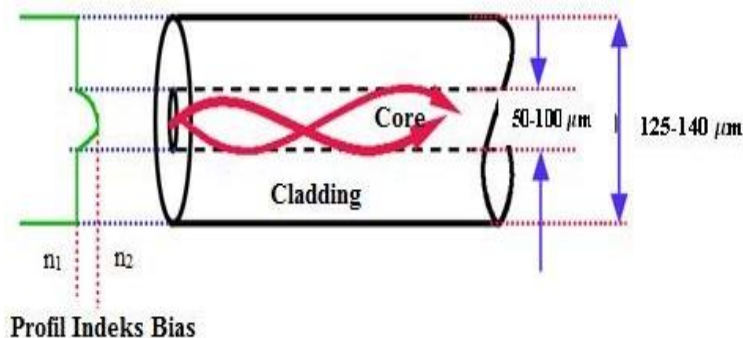
Gambar 2.3 Serat Optik *Multi Mode* [5]

Proses penginderaan jauh memiliki sensor yang digunakan untuk merekam data atau obyek yang akan diindera. Obyek pada sistem penginderaan jauh dapat berupa obyek di permukaan bumi yang direkam dari jarak jauh. Untuk mendukung kinerja pada sensor dilengkapi tenaga yang dipancarkan dari obyek ke sensor tersebut. Salah satu obyek yang akan diindera yaitu air yang menyerap sinar kemudian hasil dari proses direkam oleh sebuah kamera dan hasil dari proses tersebut disebut dengan proses penginderaan jauh. Hasil dari proses penginderaan jauh diproses menjadi informasi tentang suatu daerah wilayah Indonesia.

B. Berdasarkan susunan *index* biasanya, serat optik dapat dibedakan menjadi 2 yaitu :

1. *Multi Mode Graded Index*

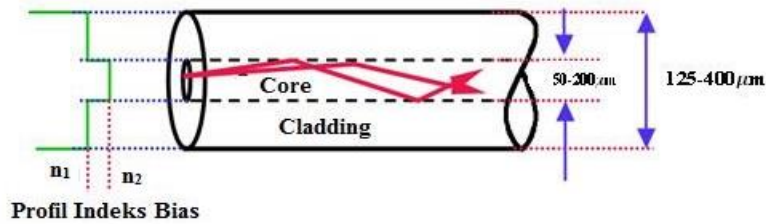
Pada jenis serat optik *multi mode graded index* ini, memiliki diameter *core* 30 sampai 60 μm dan memiliki *cladding* yang berukuran 100 sampai 150 μm . Jenis serat optik ini adalah penggabungan dari *single mode* dengan *multimode step index*. Pada serat optik ini cahaya bergerak lebih perlahan yang terdapat pada porosnya dibandingkan cahaya yang lebih dekat dengan *cladding* yang disebabkan oleh refraksi indkes teringgi. Cahaya yang terdapat pada bagian luar untuk sampa ke sisi penerima pada waktu yang bersamaan bergerak perlahan tetapi cahaya lurus langsung melalui inti *core* yang dipendekkan dan kecepatan yang tinggi.



Gambar 2.4 Serat Optik *Multi Mode Graded Index* [5]

2. *Multi Mode Step Index*

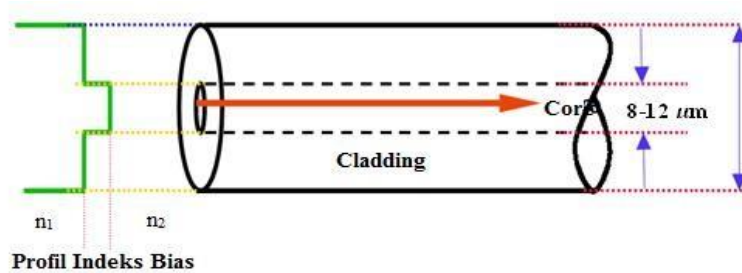
Serat optik ini memiliki ukuran *core* 50 sampai 125 μm dan memiliki diameter *cladding* 125 sampai 500 μm . Pada jenis serat optik ini memiliki hasi rute utama yang dilewati beberapa sinya digital, sedangkan yang lainnya memantulkan ke *cladding*. *Mode* ini merupakan pengelompok dari beberapa cahaya yang oleh alternarif jalan kecil, sampai secara terpisah sampai ke titi penerima [5].



Gambar 2.5 Serat Optik *Multi Mode Step Index* [5]

3. *Single Mode Step Index*

Serat optik ini memiliki ukuran diameter *core* yang lebih kecil dibandingkan diameter *cladding*. *Single mode step index* memiliki diameter 8,3 samapai 10 mikro, jenis *single mode* yang memiliki *core* yang kecil yang dapat beroperasi di gelombang 1310 sampai 1550 μm . Jenis serat optik ini digunakan untuk pengiriman data jarak jauh yakni mencapai 70 km, memiliki *bandwidth* yang lebar serta memiliki penyusutan transmisi yang sangat kecil. Jenis ini memiliki keunggulan dapat mentransmisikan 50 kali lipat jarak lebih jauh dibandingkan dengan *multi mode*.



Gambar 2.6 Serat Optik *Single Mode Step Index* [5]

2.3.1 STRUKTUR DASAR SERAT OPTIK

Struktur serat optik merupakan terbuat dari kaca yang panjang dan sangat tipis serta bediameter sebesar rambut manusia. Dan dalam penggunaanya beberapa fiber optik dijadikan satu dalam sebuah tempat yang dinamakan kabel optik dan digunakan unruk mengirimkan data transimisi yang berupa sinar cahaya dalam jarak yang sangat jauh. Bagian-bagian fiber optik adalah sebagai berikut :

1. Inti (*Core*)

Pada bagian inti ini merupakan proses transimis perambatan cahaya. Oleh karena itu pada bagian ini merupakan proses yang paling penting pada kabel serat optik.

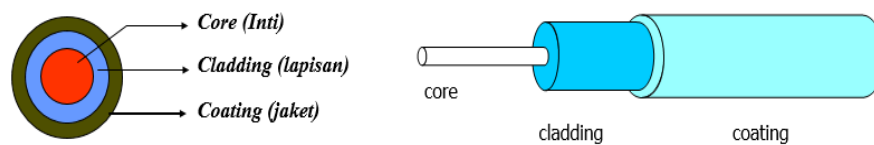
Core memiliki indeks bias yang lebih besar dari *cladding* dan memiliki diameter antara 2 sampai 125 μm , tergantung pada jenis serat optik yang digunakan.

2. *Cladding*

Pada bagian ini adalah komponen yang terbuat dari kaca yang indeks bias lebih kecil dari *core* serta berfungsi untuk memantulkan cahaya. Perambatan cahaya pada inti serat optik dapat dipengaruhi oleh indeks bias pada lapisan bagian *core* dengan bagian lapisan *cladding*.

3. *Coating*

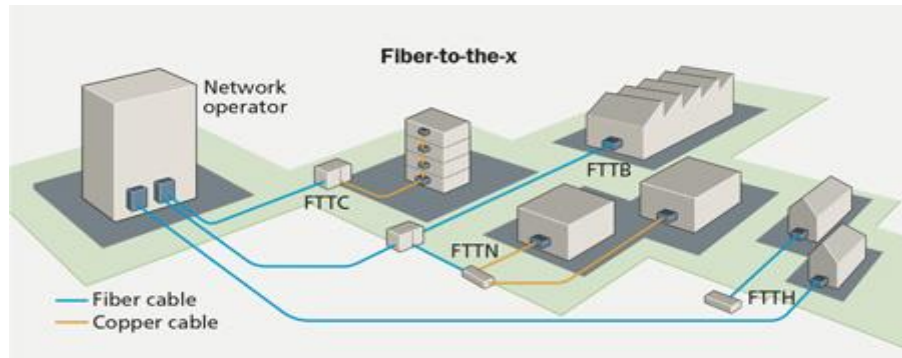
Pada bagian ini merupakan lapisan yang paling luar di serat optik yang melindungi lapisan *core* dan lapisan *cladding*, pada bagian ini terbuat dari plastik dan karet yang mampu berfungsi sebagai pelindung serat optik dari kerusakan fisik. [5].



Gambar 2.7 Struktur kabel serat optik [5]

2.4 KOMUNIKASI SERAT OPTIK BERDASARKAN LETAK TKO (TITIK KONVERSI OPTIK)

Fiber To The X (FTTX) merupakan istilah umum untuk arsitektur jaringan *broadband* yang digunakan pada serat optik yang dapat menggantikan bagian dari kabel tembaga. Istilah umum berasal dari generalisasi beberapa konfigurasi penyebaran *optical fiber* (FTTZ, FTTC, FTTB dan FTTH), semua dimulai dengan FTT tapi yang dibedakan pada huruf terakhir. Sistem FTTX paling sedikit memiliki dua unit perangkat *opto*-elektronik yaitu satu perangkat *opto*-elektronik disisi sentral dan satu perangkat disisi pelanggan selanjutnya disebut Titik Konversi Opti (TKO). Titik Konversi Optik (TKO) adalah batas akhir dimana distribusi kabel optik ke sisi pelanggan, hal yang dimaksud adalah ketika sinyal optik dikonversikan ke sinyal elektrik, berikut adalah konfigurasi FTTX yang dibedakan dengan masing-masing titik TKO pada jaringan *optical fiber* [24].



Gambar 2.8 Arsitektur FTTX

Arsitektur jaringan serat optik berdasarkan TKO dibagi menjadi 4 jenis yaitu :

1. *Fiber To The Zone (FTTZ)*

TKO yang terdapat di suatu tempat diluar bangunan yang menggunakan media kabel tembaga sebagai penghubung TKO ke terminal pelanggan dalam jarak hingga beberapa kilometer untuk menghubungkan terminal pelanggan dengan TKO.

2. *Fiber To The Curb (FTTC)*

TKO yang terdapat di suatu tempat diluar bangunan dan didalam kabinet dan dapat diletakan diatas tiang dengan kapasitas lebih kecil. Pada arsitektur ini masih menggunakan kabel tembaga sebagai media penghubung TKO ke terminal pelanggan dalam jarak yang dekat dengan pengguna dalam jarak beberapa meter.

3. *Fiber To The Home (FTTH)*

Pada jaringan arsitektur ini, menggunakan serat optik sebagai media transmisi antara terminal pelanggan dengan rumah yang diletakan pada diluar rumah pelanggan.

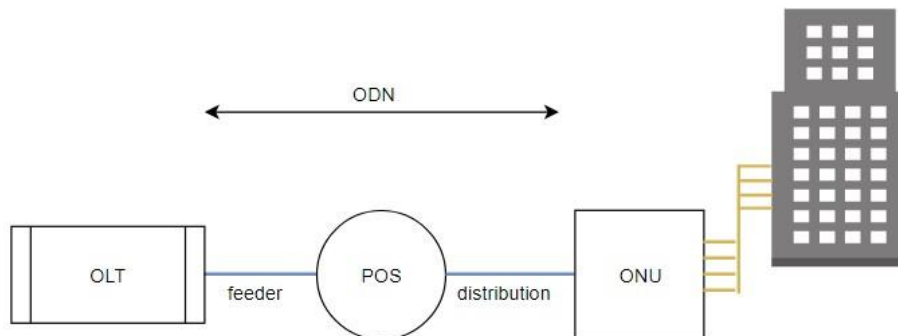
4. *Fiber To The Building (FTTB)*

TKO terletak di dalam gedung dan biasanya terletak pada ruang telekomunikasi namun juga dimungkinkan diletakkan pada beberapa lantai di gedung tersebut. Dalam beberapa pilihan alternatif diantaranya TKO ditempatkan di dalam gedung bertingkat, perumahan maupun apartemen dengan menggunakan kabel tembaga *indoor* sebagai penghubung ke terminal pelanggan [6].

2.5 FIBER TO THE BUILDING (FTTB)

Fiber To The Building (FTTB) merupakan suatu arsitektur JARLOKAF yang memungkinkan penarikan kabel optik sangat dekat dengan pelanggan. Perkembangan teknologi ini mulai terjaid ketika keinginan masyarakat kelas atas akan layanan akses yang berkualitas. Peningkatan akan layanan *Triple Play* menjadi pemicu utama teknologi ini semakin berkembang. Pada jaringan FTTB ini terletak biasa di bagian bawah gedung seperti di *basement*. Jaringan FTTB dapat digunakan untuk pelanggan pembisnis dan banyak digunakan untuk gedung apartemen. Perkembangan FTTB yang begitu pesat dikarenakan FTTB memiliki beberapa keunggulan, diantaranya adalah [7] :

- a. Menyediakan *range* yang lebar untuk layanan hiburan.
- b. Menawarkan layanan data, video dan suara.
- c. Merupakan jaringan yang dapat mendukung pengembangan dan peningkatan jaringan masa depan.



Gambar 2.9 Konfigurasi Jaringan FTTB [7]

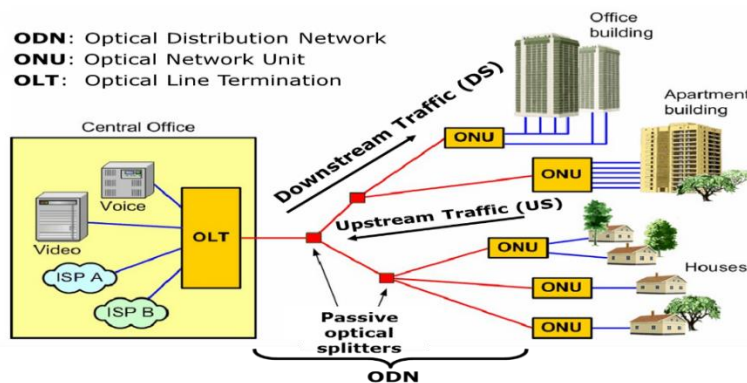
2.6 PASSIVE OPTICAL NETWORK (PON)

Passive Optical Network (PON) merupakan jaringan yang didasarkan arsitektuk dengan mendistribusikan sinyal *point-to-multipoin* ke tempat dimana terdapat *splitter* optik yang tidak dipergunakan kemudian dimungkinkan satu serat optik berbagai tujuan. Sistem PON terdiri dari OLT yang terdapat pada kantor pusat dan ONU sebagai pengguna akhir, seperti ODN antara OLT dan ONU. Di perangkat PON dapat dihubungkan ke ONU hingga 32 slot yang dapat dihubungkan dengan OLT. PON memiliki dua konfigurasi *splitter* yang dapat digunakan untuk arsitektur

PON yakni konfigurasi *centralized* dan *cascade*. Pada konfigurasi *centralize* menggunakan *splitter* 1:32 yang terdapat pada diluar bangunan dan *splitter* 1:32 dapat digunakan hanya terdapat di perangkat ODC. Konfigurasi *cascade* terdapat didalam jaringan. *Cascade* diletakan pada dua tempat yakni ODC dan ODP. Arsitektur *cascade* menggunakan *splitter* 1:4 yang terdapat di ODC dan ODP menggunakan *splitter* 1:8[9].

Pada *downstream* digunakan dari STO dengan maksimum jarak 20 km. Kenapa perangkat ini disebut pasif, karena semua splitter dan peralatan yang ada di bagian ODN merupakan peralatan pasif dimana peralatan-peralatan tersebut tidak membutuhkan power. Perangkat optik pasif yang dipakai adalah konektor, splitter pasif, dan kabel optik. Sistem OLT difungsikan untuk mengumpulkan dan men-switch fungsi antara jaringan kabel dengan interface PON dan untuk fungsi manajemen [8].

Pada teknologi PON memiliki metode aksesnya, teknologi aksesnya adalah TDMA atau disebut *Time Division Multiplexing Acces*. Arah pada *downstream*, memiliki sinyal TDM dari OLT yang berisi semua bentuk informasi data pelanggan dalam sebuah slot yang terhubung ke OLT. Dan pada *upstream* bagian PON, ONT ditransmisikan secara sinkron dengan menggunakan metode TDMA untuk menghindari tabrakan data, karena jarak antara OLT dengan ONT berbeda [8].



Gambar 2.10 *Passive Optical Network* [10]

Pada teknologi PON terdapat beberapa jenis, antara lain APON (ATM PON), BPON (*Broadband PON*), EPON (*Ethernet PON*) dan GPON (*Gigabit PON*).

2.6.1 APON

APON atau biasa disebut ATM PON merupakan standar yang dikeluarkan oleh ITU_T dan disertifikasi tahun 1998 dengan standar G.983.1. APON

menggunakan ATM sebagai *transport* protokolnya yang terdapat di layer 2 dan didukung servis dengan 633 Mbps pada *downstream* dan 155 Mbps pada *upstream* serta menggunakan 32 - 64 *splitter* dan jarak maksimum 20 km [9].

2.6.2 BPON

Setelah mengalami penambahan standar G.983.3, APON kemudian berganti namanya menjadi BPON atau *Broadband PON*. BPON mendeskripsikan sistem yang menawarkan layanan *broadband service* yang terdiri dari akses internet, distribusi video dan layanan *high speed leased line*. BPON tetap menggunakan teknologi layer 2 pada ATM namun memiliki performa yang berbeda dengan *upstream* 622 Mbps *downstream* 1,2 Gbps [8].

2.6.3 EPON

EPON atau dikenal *Ethernet PON* atau disebut GEPON (*Gigabit Ethernet PON*) merupakan standar IEEE 802.3ah yang diselesaikan tahun 2004. Enkapsulasi *Ethernet* digunakan jaringan EPON untuk transport data pada jaringan. EPON beroperasi dengan 1,25 Gbps pada arah *downstream* sama halnya dengan *upstream*. EPON biasa juga disebut *Gigabit Ethernet PON* (GEPON). Pada jaringan fiber ini menggunakan metode WDM [9].

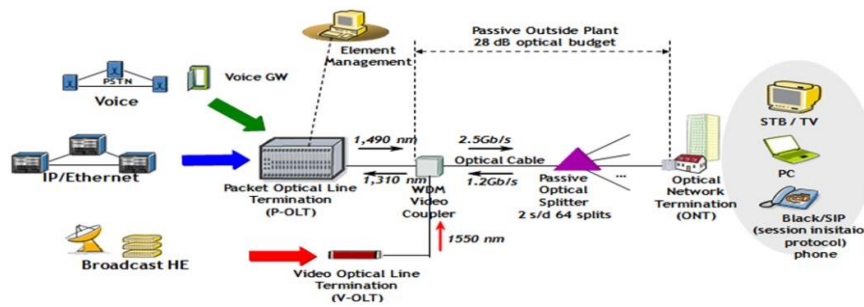
2.6.4 GPON

GPON atau *Gigabit PON* yang distandarisasi oleh ITU-T G.984 *series*. GPON dapat mentransmisikan ATM *Cell* ataupun *Ethernet Packet*. GPON adalah merupakan teknologi yang dikategorikan sebagai *Broadband Access* berbasis fiber optik. GPON memiliki keunggulannya yaitu *bandwidth* yang ditawarkan mencapai 2,488 Gbps *downstream* sampai pelanggan tanpa adanya kehilangan *bandwidth* [8].

2.7 GIGABIT PON (GPON)

GPON merupakan pengembangan dari sebuah teknologi dari PON (*Passive Optical Network*) dimana PON mendapat informasi dari sentral kemudian akan didistribusikan ke pelanggan menggunakan *splitter* sehingga dapat memungkinkan informasi dikirimkan ke semua pelanggan secara keseluruhan melalui beberapa percabangan. PON terdiri dari dua teknologi antara lain GPON yang dikeluarkan oleh ITU-T dan GEPON oleh IEEE. Kelebihan GPON dapat mengirimkan informasi ke pelanggan dengan kecepatan tinggi dan *bandwidth* yang lebar. Sistem *downstream* GPON adalah mengirimkan informasi secara *broadcast* ke semua ONT yang

terhubung kemudian menyeleksi data yang masuk berdasarkan *portID*, dengan pengaturan timeslot TDMA setiap ONT untuk *upstream* [11].



Gambar 2.11 Gigabit PON [12]

GPON dan GEPON menggunakan serati optik medium transmisi. Di sentral akan diletakan satu perangkat, kemudian akan didistribusikan *Trafik Triple Play* (Suara/VoIP, Multi Media/Digital Pay TV dan Data/Internet) hanya menggunakan 1 core kabel fiber optik. Dari sentral hingga ke arah pelanggan akan didistribusikan menggunakan *splitter* pasif (1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64). GPON menggunakan *broadcast* ke arah *downstream* dengan rate sebesar 2.488 Gbps. GPON memiliki efisiensi *bandwidth* yang lebih bagus dibandingkan dengan BPON 70% [12].

Tabel 2.1 Perbedaan PON [12]

Protokol PON	APON/BPON	GPON	EPON/GEPON
Standar	ITU-T G.983	ITU-TG.983	IEEE 802.3ah
Penghantaran	ATM	ATM, TDM, Ethernet	Ethernet
Biaya	Rendah	Sedang	Paling rendah
Lebar jalur hulu	155 Mbps	1.5 Gbps	1.25 Gbps
Lebar jalur hilir	622 Mbps	2.5 Gbps	1.25 Gbps

2.8 PERANGKAT GPON

2.8.1 Optical Line Terminal (OLT)

Optical Line Termination merupakan perangkat yang berfungsi (*end-point*) atau titik akhir dari sebuah layanan optik pasif. OLT memiliki fungsi utama yaitu mengkonversikan antar sinyal listrik yang akan digunakan penyedia layanan dan memultiplexing perangkat lain di titik akhir jaringan, dengan kata lain disebut ONT dan ONU. OLT sebagai penyedia layanan *service provider* seperti data, video dan *voice*. OLT memiliki perangkat antara lain [13]:

- a. *Digital Cross-Connect (DSC)* yang berfungsi sebagai *nonswitched* dan *nonlocally switched* ke jaringan telepon.
- b. *Voice Gateway* berfungsi sebagai penyedia *locally switched* TDM/voice trafik ke PSTN.
- c. *IP Routers* sebagai penyedia trafik data.
- d. *Video Network Device* sebagai penyedia trafik video.



Gambar 2.12 Perangkat OLT [13]

2.8.2 *Optical Network Termination (ONT)*

Perangkat yang berada di bagian pelanggan sebagai penyedia layanan interface berupa data, *voice* dan video. OLT dan ONU memiliki fungsi yang sama, sebagai menerima trafik dalam bentuk format optik kemudian dikonversikan menjadi dalam bentuk data, *voice* dan video [13].



Gambar 2.13 Perangkat ONT [13]

2.8.3 *Optical Distribution Cabinet (ODC)*

Perangkat yang berada diantara OLT dengan ODC. ODC terletak pada rumah kabel. ODC berfungsi sebagai penyedia jaringan transmisi optik dari OLT ke pengguna. Transmisi ini berbentuk komponen optik pasif. ODC berfungsi sebagai transmisi optik diantara OLT dengan ONT [13].



Gambar 2.14 Perangkat ODC

2.8.4 *Optical Distribution Pack (ODP)*

Merupakan suatu ruang berbentuk kotak dan memiliki fungsi sebagai tempat instalasi jaringan fiber optik dan berisi didalam seperti *connector*, *splicing* dan *splitter* [13].



Gambar 2.15 Perangkat ODP [13]

2.8.5 *Passive Splitter (PS)*

Merupakan komponen pasif yang dapat memisahkan daya optik dari satu input ke dua atau beberapa *output* serat. *Passive Splitter* merupakan *optical fiber coupler* sederhana yang dapat membagi beberapa *patch* atau sinyal-sinyal kombinasi dalam satu jalur.

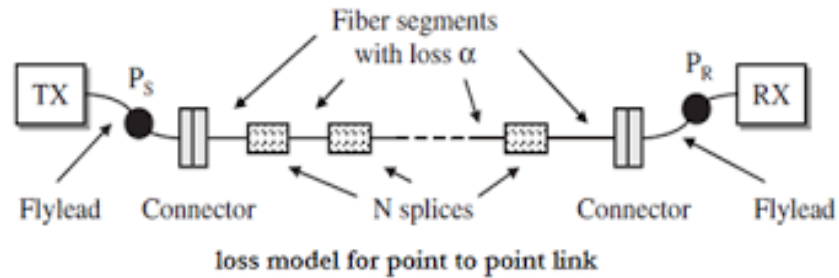
Tabel 2.2 *Port Passive Splitter* [13]

PORT	RASIO REDAMAN (dB)
1 : 2	3,70
1 : 4	7,25
1 : 8	10,38
1 : 16	14,10
1 : 32	17,45

2.9 PARAMETER KINERJA TRANSMISI SERAT OPTIK

2.9.1 *Link Power Budget*

Merupakan sebuah perhitungan keadaan sesungguhnya yang harus dilakukan untuk masukan nilai parameter yang akan digunakan untuk pengaplikasian jaringan FTTH. Perhitungannya ini berupa besaran sinyal optik dan noise. *Power Budget* mengacu pada rugi-rugi yang dapat ditoleri, dengan kata lain data tepat menjaga operasi yang di sesuaikan atau patokan [14].



Gambar 2.16 *Link Power Budget* [14]

Link Power Budget di parameter ini mempertimbangkan total kerugian daya optik dapat terjadi diantara sensor cahaya dengan sumber cahaya dan dapat mengalokasikan kerugian yang terdapat di redaman kabel, remana konektor, redaman *splice* dan *system margin*. Berikut ini adalah persamaan untuk menentukan redaman total [15].

$$\alpha \text{ total} = L \times \alpha_f + N_c \times \alpha_c + N_s \times \alpha_s + N_{sp} \times \alpha_{sp} \quad (2.1)[15]$$

dengan:

A_{total}	= total redaman	(dB)
L	= panjang kabel serat optic	(km)
α_f	= redaman serat optic	(dB)
N_c α_c	= jumlah <i>connector</i> = redaman <i>connector</i>	(dB/ <i>connector</i>)
α_s N_{sp}	= redaman sambungan = jumlah <i>splitter</i>	(dB/sambungan)
α_{sp}	= redaman splitter	(dB/ <i>splitter</i>)

Margin daya harus diutamakan memiliki nilai lebih dari 0 (nol), *margin* daya adalah daya yang memiliki sisa dari *power transmitter* setelah dikurangi dari *loss* selama proses transmisi yang dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$M = (P_{tx} - P_{rx}) - \alpha \text{ total} - M_s \quad (2.2)[15]$$

dengan :

M	= margin daya	(dB)
P_{tx}	= <i>optical transmit power</i>	(dBm)
P_{rx}	= <i>sensitivitas receiver</i>	(dBm)
A_{total}	= total redaman	(dB)
M_s	= <i>safety margin</i>	(dB)

2.9.3 Rise Time Budget

Merupakan sebuah metode untuk bertujuan untuk menentukan suatu batasan dipersi jaringan *link* serat optik. Pada metode ini berfungsi sebagai menganalisis sistem transmisi digital. Bertujuan agar apakah kinerja jaringan telah tercapai secara keseluruhan dan dapat memenuhi kapasitas kanal sesuai yang diinginkan. Pada parameter *Rise Time Transmitter*, *Rise Time Disperse material*, *Rise Time Disperse modal* dan *Rise Time disisi receiver* merupakan komponen yang harus ada jika ingin melakukan perhitungan *Rise Time Budget*. Secara keseluruhan, total *link* tidak boleh

melebihi dari 70% dari sebuah bit NRZ (*Non-Return to Zero*) atau 35% dari bit RZ (*Return to Zero*) [16].

Dalam perhitungan parameter *rise time budget* ada beberapa komponen yang harus diperhatikan antara lain

a. *Rise time transmitter* (t_{rx})

Rise time transmitter ini diakibatkan oleh sumber cahaya dan rangkaian pengendalinya.

b. *Rise time dispersi material*

Untuk serat optik *multimode*, besarnya nilai *rise time* tergantung pada dispersi material dan dispersi modal.

Rise time dispersi material dirumuskan pada persamaan. (2.3)

$$t_{mat} = D_{mat} \sigma_{\lambda} L \quad (2.3)$$

Keterangan :

D_{mat} : Parameter dispersi material (ns/nm.km)

σ_{λ} : Lebar spektral sumber optik (nm)

L : Panjang Kabel (km)

c. *Rise time disisi receiver*

Nilai ini dihasilkan dari respon *photodetector* dan *bandwidth* -3 dB dari *receiver*.

Jika B_{rx} merupakan *bandwidth* -3 dB dari *receiver* (diukur dalam satuan (MHz)) maka *rise time receiver* (dalam satuan ns) dirumuskan pada persamaan (2.4).

$$t_{rx} = \frac{350}{B_{rx}} \quad (2.4)$$

Keterangan :

B_{rx} : *bandwidth* disisi penerima (MHz)

Berdasarkan parameter (2.3) dan (2.4) dapat dilakukan perhitungan *rise time budget* seperti dibawah ini. (2.5)

Rise time budget memiliki rumus[16]:

$$T_{sys} = [t_{tx}^2 + t_{mat}^2 + t_{mod}^2 + t_{rx}^2]^{1/2} \quad (2.5)[16]$$

Dari hasil perhitungan *rise time budget* tersebut, dapat diketahui total *bandwidth* (MHz) dari sistem tersebut, yaitu pada persamaan (2.5).

dengan :

T_{tx} = rise time transmit (ns)

T_{mat} = bernilai (0) karena menggunakan serat *single mode*

D = dispersi material (ns/nm.km)

λ = lebar spectral (nm)

B_{rx} = bandwidth receiver (MHz)

T_{sys} = rise time budget (ns)

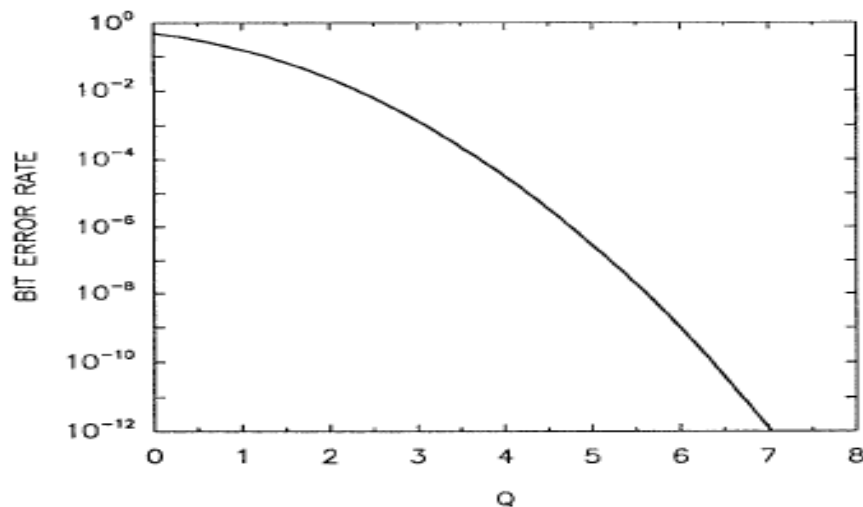
B_{wtot} = bandwidth total (MHz)

2.9.3 Bit Error Rate (BER)

Bit Error Rate (BER) merupakan hasil peresentasi dari total bit yang *error* dibandingkan dengan total bit yang diterima dalam suatu transmisi, atau dapat diartikan sebagai laju kesalahan bit yang terjadi pada proses transmisi sinyal digital. Kebutuhan BER berbeda pada tiap aplikasinya, contohnya untuk sistem komunikasi serat optik memiliki kebutuhan BER sebesar 10^{-9} atau lebih baik [29]. Beberapa faktor yang mempengaruhi besar dan kecilnya BER adalah *interferensi*, *noise*, redaman, distorsi, *fading*, sinkronisasi bit. Persamaan BER yang berhubungan dengan parameter Q (*Q-factor*) dapat diketahui pada persamaan 2.6 [29].

$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{Q}{\sqrt{2}} \right) \quad (2.6)$$

BER yang disyaratkan oleh standar ITU-T G.984 adalah 10^{-10} [28]. Untuk mencapai BER 10^{-10} , maka nilai *Q-factor* yang diterapkan pada gambar adalah 7, gambar 2.17 menunjukkan hubungan *Q-factor* dengan BER.



Gambar 2.17 Hubungan *Q-factor* dengan BER [29]

Q -factor merupakan faktor kualitas yang menentukan kualitas suatu jaringan DWDM. Q -factor dicirikan sebagai kualitas sinyal digital dari sudut pandang sinyal analognya, jadi bisa dinilai sebagai *signal to noise ratio*. Untuk menghitung Q -factor dapat digunakan Persamaan 2.7 [29].

$$Q = \frac{I_1 - I_0}{\sigma_1 + \sigma_0} \quad (2.7)$$

dengan:

I_1 dan I_0 = Arus ketika bit 1 dan bit 0.

σ_1 dan σ_0 = Noise ketika bit 1 dan bit 0.

BER merupakan parameter statistik, nilainya tergantung pada waktu pengukuran dan pada faktor-faktor yang menyebabkan kesalahan. Jika kesalahan yang disebabkan oleh *noise* gaussian pada *link* transmisi yang relatif stabil, maka waktu pengukuran dimana sekitar 100 kesalahan terjadi mungkin diperlukan untuk memastikan bahwa penentuan BER tersebut valid. Waktu pengukuran yang lama mungkin diperlukan untuk sistem yang memiliki *burst error*. Sebagai contoh, untuk mendeteksi 100 kesalahan untuk memperoleh BER 10^{-12} dalam *link* 10Gb/s akan membutuhkan waktu 2,8 jam. Untuk mengurangi biaya dan waktu pengujian, Teknik Q -factor dapat digunakan. Meskipun beberapa akurasi dalam metode ini hilang, namun metode ini dapat mengurangi waktu pengujian. Dalam metode ini batas ambang (*threshold*) menurun, yang menyebabkan meningkatnya kemungkinan kesalahan dan dengan demikian mengurangi waktu pengujian. Oleh karena itu, untuk beberapa hal, perhitungan Q -factor lebih sering digunakan daripada perhitungan BER [30].

Untuk nilai sensitivitas yang dimiliki *receiver* dapat dihitung dengan Persamaan 2.8. Persamaan 2.8 dapat digunakan jika hanya memasukkan efek dari *noise thermal* saja [35].

$$P_{\text{sensitivity}} = \frac{Q(\sigma_1 + \sigma_0)}{2RM} \quad (2.8)$$

dengan :

$P_{\text{sensitivity}}$ = Sensitivity (W).

Q = Nilai Q -factor (yang berhubungan dengan besar BER).

σ_1 dan σ_0 = Noise ketika bit 1 dan bit 0, untuk *thermal noise* $\sigma = 2\sigma_T$ (A).

R = Photodiode responsivity (A/W).

M = gain dari photodiode.

RMS *thermal noise current* dapat dicari menggunakan Persamaan 2.9.

$$\sigma_T^2 = S_T \times B \quad (2.9)$$

dengan :

σ_T^2 = Varians dari RMS *thermal noise* (A^2).

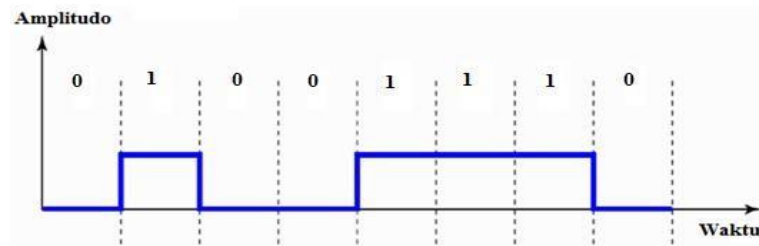
S_T = *Thermal noise spectral density* (A^2/Hz).

B = *Receiver bandwidth* (Hz).

2.10 LINE CODING

2.10.1 NRZ Code

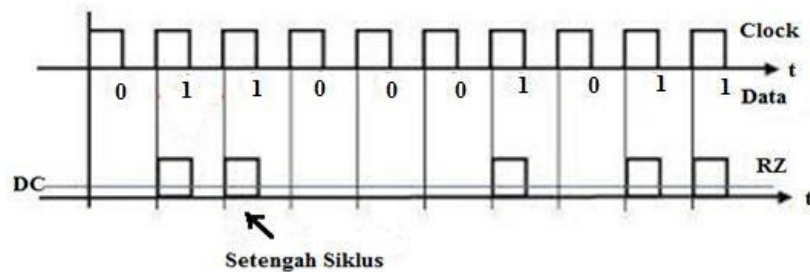
Untuk logika 0 dinyatakan dalam posisi positif dan logika 1 dinyatakan negatif . dalam pengkodean NRZ diindikasikan bahwa dalam sekama ini seperti pulsa yang dipertahankan selama durasi bit. Dapat di lihat pada gambar 2.16 [18].



Gambar 2.17 NRZ Code [18]

2.10.2 RZ Code

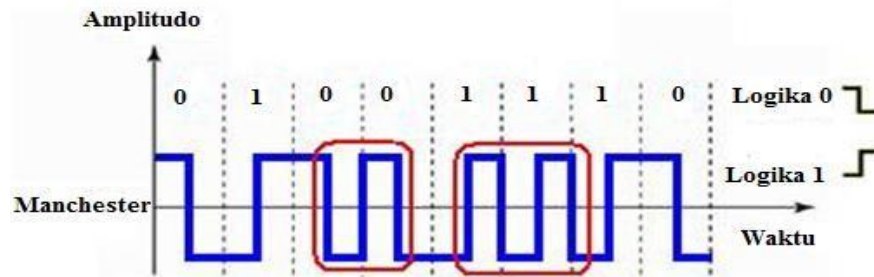
Simbol 1 dilambangkan oleh sebuah pulsa yang amplitudonya bertahan konstan untuk beberapa lama dan kembali ke nol sesaat sebelum durasi bit berakhir. Sedangkan simbol 0 dilambangkan oleh ketiadaan pulsa pada RZ *code*. Dapat dilihat pada gambar 2.17 [18].



Gambar 2.18 RZ Code [18]

2.10.3 Manchester Code

Simbol 1 dilambangkan oleh sebuah pulsa positif yang diikuti oleh sebuah pulsa negatif, dimana masing-masing dari kedua pulsa ini memiliki amplitudo yang sama dan panjangnya setengah durasi bit. Sedangkan simbol 0, polaritas dari pasangan pulsa ini dibalik pada *manchester code*. Bisa dilihat pada gambar 2.18 bentuk *manchester code* [18].



Gambar 2.19 Manchester code [18]