



JURNAL KAJIAN TEKNIK ELEKTRO

PENERAPAN IPTV PADA JARINGAN SERAT OPTIK FTTH

(Sri Hartanto)

AUDIT ENERGI UNTUK PENGGUNAAN DAYA LISTRIK PADA GEDUNG PERKANTORAN PT. ASTRA OTOPARTS TBK JAKARTA

(Leni Devera Asrar, Suwito , Zulkifli)

RANCANG BANGUN ALAT SINKRON UNTUK MENGGABUNGAN DUA GENERATOR TIGA FASA

(Banu Dwi Rahman, Ahmad Rofii)

RANCANG BANGUN SISTEM JEMURAN OTOMATIS BERBASIS ARDUINO UNO

(Yosef Cafasso Yuwono, Syah Alam)

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING RUMAH BERBASIS ARDUINO WEBSERVER DAN SERIAL KAMERA VC0706

(Indra Pramudita, Herwin Hutapea)

ANALISIS JENIS MATERIAL DINDING BATU BATA PADA BANGUNAN TERHADAP DAYA PANCAR SINYAL WIFI

(Kukuh Aris Santoso, Rajes Khana)

IOT BERBASIS SISTEM SMART HOME MENGGUNAKAN NODEMCU V3

(Muhammad Aluh, Lita Lidyawati)

RANCANG BANGUN KIT PRAKTIKUM PLC SCHNEIDER M221 di LABORATORIUM OTOMASI

(Arizal Rahman, Nasrun Haryanto)

ANALISA PERBANDINGAN PENGUKURAN MARGIN SINYAL DVB-S2 PADA SATELIT ASIASAT 9

(Kun Fayakun, Alfian Afandi, Fida Afifah, Harry Ramza)



Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta

Jurnal Kajian Teknik Elektro

Vol.3

No.2

Hal.67-172

September- Februari 2019

E-ISSN 2502-8464

JURNAL KAJIAN TEKNIK ELEKTRO

Vol.3 No.2

E - ISSN 2502-6484

Susunan Team Redaksi Jurnal Kajian Teknik Elektro

Pemimpin redaksi

Setia Gunawan

Dewan Redaksi

Syah Alam
Ikhwanul Kholis
Ahmad Rofii
Rajesh Khana

Redaksi Pelaksana

Kukuh Aris Santoso

English Editor

English Center UTA`45 Jakarta

Staf Sekretariat

Dani
Suyatno

Alamat Redaksi

Program Studi Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta
Jl.Sunter Permai Raya, Jakarta Utara, 14350, Indonesia
Telp: 021-64715666-64717302, Fax:021-64717301

JURNAL KAJIAN TEKNIK ELEKTRO

Vol.3 No.2

E - ISSN 2502-6484

DAFTAR ISI

PENERAPAN IPTV PADA JARINGAN SERAT OPTIK FTTH	67
(Sri Hartanto)	
AUDIT ENERGI UNTUK PENGGUNAAN DAYA LISTRIK PADA GEDUNG PERKANTORAN PT. ASTRA OTOPARTS TBK JAKARTA	77
(Leni Devera Asrar, Suwito , Zulkifli)	
RANCANG BANGUN ALAT SINKRON UNTUK MENGGABUNGAN DUA GENERATOR TIGA FASA	92
(Banu Dwi Rahman, Ahmad Rofii)	
RANCANG BANGUN SISTEM JEMURAN OTOMATIS BERBASIS ARDUINO UNO	104
(Yosef Cafasso Yuwono, Syah Alam)	
RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING RUMAH BERBASIS ARDUINO WEBSERVER DAN SERIAL KAMERA VC0706	114
(Indra Pramudita, Herwin Hutapea)	
ANALISIS JENIS MATERIAL DINDING BATU BATA PADA BANGUNAN TERHADAP DAYA PANCAR SINYAL WIFI	127
(Kukuh Aris Santoso, Rajes Khana)	
IOT BERBASIS SISTEM SMART HOME MENGGUNAKAN NODEMCU V3	138
(Muhammad Aluh, Lita Lidyawati)	
RANCANG BANGUN KIT PRAKTIKUM PLC SCHNEIDER M221 di LABORATORIUM OTOMASI	150
(Arizal Rahman, Nasrun Haryanto)	
ANALISA PERBANDINGAN PENGUKURAN MARGIN SINYAL DVB-S2 PADA SATELIT ASIASAT 9	162
(Kun Fayakun, Alfani Afandi, Fida Afifah, Harry Ramza)	

PENERAPAN IPTV PADA JARINGAN SERAT OPTIK FTTH

Sri Hartanto¹⁾

¹⁾Universitas Krisnadwipayana, Jakarta Timur, 13077
email:srihartanto@unkris.ac.id

ABSTRAK

Sistem penyiaran televisi merupakan salah satu jenis teknologi telekomunikasi satu arah yang mentransmisikan informasi audio video dengan gelombang radio sebagai media transmisi. Dengan menggunakan gelombang radio, kualitas penerimaan audio video menjadi kurang bagus karena tergantung pada kondisi antena yang dipengaruhi oleh adanya gangguan *Electromagnetic Interference (EMI)*. Untuk meningkatkan kualitas sinyal audio video pada sistem penyiaran televisi, maka sistem penyiaran televisi dapat memanfaatkan jaringan kabel serat optik. Untuk mentransmisikan sinyal audio video secara digital ke dalam jaringan serat optik, perlu memperhatikan protokol komunikasi. Dalam penerapannya pada jaringan telekomunikasi berbasis *packet switching*, protokol *OSI Layer* diadaptasi menjadi protokol TCP/IP. Salah satu aplikasi dalam protokol TCP/IP adalah *Internet Protocol Television (IPTV)*. IPTV merupakan protokol aplikasi TCP/IP yang awalnya diperuntukkan untuk aplikasi multimedia, khususnya *audio video streaming*. Dalam perkembangannya, IPTV kemudian dimanfaatkan untuk mentransmisikan data audio video yang disiarkan oleh stasiun penyiaran televisi. Untuk menganalisa bagaimana penggunaan jaringan serat optik dalam mentransmisikan sinyal audio video dari stasiun televisi ke pelanggan perumahan, maka tulisan ini menganalisa secara khusus penerapan IPTV pada jaringan serat optik FTTH.

Kata kunci: IPTV, audio, audio video, sistem penyiaran televisi, serat optik

ABSTRACT

Television broadcasting system is one type of one-way telecommunication technology that transmits audio video information with radio waves as transmission media. By using radio waves, the quality of audio video receiving becomes less because it depends on the condition of the antenna which is affected by Electromagnetic Interference (EMI). To improve the quality of audio video signals on television broadcast system, the television broadcasting system can utilize fiber optic cable network. To transmit digitally audio video signals into fiber optic network, need to pay attention to communication protocols. In its implementation to packet switching-based telecommunications network, the OSI Layer protocol was adapted into the TCP/IP protocol. One application in TCP/IP protocol is Internet Protocol Television (IPTV). IPTV is an TCP/IP application protocol was originally intended for multimedia applications, especially audio video streaming. In its development, IPTV was then utilized to transmit audio video data broadcasted by television broadcasting station. To analyze how to use optical fiber network in transmitting audio video signals from television station to residential customers, this paper analyzes specifically the implementation of IPTV on FTTH fiber optic network.

Keyword: IPTV, audio, audio video, television broadcasting system, fiber optic

Naskah Diterima : 08 September 2018

Naskah Direvisi : 11 Oktober 2018

Naskah Diterbitkan : 23 Oktober 2018

1. PENDAHULUAN

Sistem penyiaran televisi (*television broadcasting*) merupakan salah satu jenis teknologi telekomunikasi satu arah yang menyampaikan informasi audio video yang berisikan antara lain: berita, informasi pendidikan, hiburan, dan sebagainya. Secara konvensional, media transmisi dari sistem penyiaran televisi adalah berupa gelombang radio berbentuk sinyal analog. Dengan menggunakan gelombang radio,

kualitas penerimaan audio video menjadi kurang bagus karena tergantung pada kondisi antena yang dipengaruhi oleh adanya gangguan *Electromagnetic Interference (EMI)*.

Selain gelombang radio yang dikategorikan sebagai media komunikasi nirkabel, terdapat media transmisi berbasis kabel, dimana salah satunya adalah kabel serat optik. Kabel serat optik merupakan media transmisi yang menggunakan cahaya (optik) yang dipancarkan oleh *Light Emitting Diode (LED)* atau *Laser Diode (LD)* sebagai pengirim sinyal informasi berbentuk digital ke penerima. Banyak kelebihan dalam penggunaan jaringan serat optik, seperti: kecepatan transmisinya dan bebas *EMI*. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kualitas sinyal audio video pada sistem penyiaran televisi, maka sistem penyiaran televisi dapat memanfaatkan jaringan kabel serat optik untuk mengirimkan sinyal audio video ke pengguna jaringan serat optik.

Untuk mentransmisikan sinyal audio video secara digital ke dalam jaringan telekomunikasi, dalam hal ini, jaringan serat optik, perlu memperhatikan adanya tatacara komunikasi (protokol komunikasi). Protokol komunikasi standar ISO dalam jaringan telekomunikasi adalah *Open System Interconnection Layer (OSI Layer)*. Dalam penerapannya pada jaringan telekomunikasi berbasis *packet switching*, protokol *OSI Layer* diadaptasi menjadi protokol *Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP)*. Salah satu aplikasi dalam protokol TCP/IP adalah *Internet Protocol Television (IPTV)*. IPTV merupakan protokol aplikasi dalam jaringan telekomunikasi berbasis *packet switching* yang menggunakan pengalamatan internet (*Internet Protocol Address = IP Address*) yang awalnya diperuntukkan untuk aplikasi multimedia, khususnya *audio video streaming*. Dalam perkembangannya, IPTV kemudian dimanfaatkan untuk mentransmisikan data audio video yang disiarkan oleh stasiun penyiaran televisi.

Untuk menganalisa bagaimana penggunaan jaringan serat optik dalam mentransmisikan sinyal audio video dari stasiun televisi ke pelanggan perumahan, maka tulisan ini menganalisa secara khusus penerapan IPTV pada jaringan serat optik *Fiber To The Home (FTTH)*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengenalan IPTV

IPTV merupakan protokol aplikasi dalam jaringan telekomunikasi berbasis *packet switching* yang menggunakan pengalamatan internet (*IP Address*) yang awalnya diperuntukkan untuk aplikasi multimedia, khususnya *audio video streaming*. Dalam perkembangannya, IPTV kemudian dimanfaatkan dalam mentransmisikan data audio video yang disiarkan oleh stasiun penyiaran televisi. Fitur yang dimiliki IPTV di antaranya adalah: siaran televisi interaktif, siaran televisi yang dapat diputar ulang dan *Video on Demand*, yaitu pemesanan video oleh pelanggan.

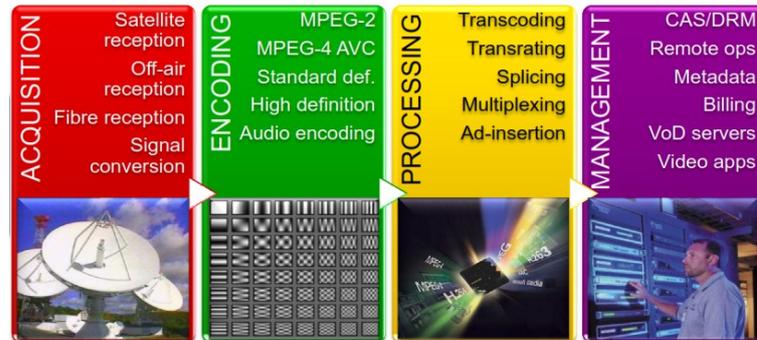
Layanan siaran televisi pada IPTV berbasis *IP Multicast* di *Layer Transport Protocol* dengan *User Datagram Protocol (UDP)*, *Real Time Protocol (RTP)*, *Real Stream Transport Protocol (RSTP)*. Dalam proses pengiriman siaran televisi diperlukan *Internet Group Management Protocol (IGMP)* untuk mempermudah dalam proses *routing* dan pembungkusan (*encapsulating*) dalam sambungan internet.

Penyediaan layanan IPTV telah diatur dalam standarisasi yang mencapai *Quality of Service (QoS)* dan *Quality of Equipment (QoE)*. Standarisasi IPTV diatur dalam *Digital Video Broadcasting (DVB) – IPTV*, *European Telecommunications Standards Institute - Telecommunications and Internet Converged Services and Protocols for*

Advanced Networking (ETSI TISPAN), International Telecommunications Union—Telecommunication Standardization Sector (ITU-T) dan Open IPTV Forum (OIPF).

Penyediaan siaran IPTV berdasarkan pada proses *IP Multicast* sebagaimana diperlihatkan dalam Gambar 2.1 berikut yang dibentuk di *layer UDP* dan *RTP* yang berada dalam *layer Transport Protocol* dengan komponen pendukungnya terdiri atas:

1. Pengirim: *encoder, transcoder, groomers, ad-splicer/multiplekser.*
2. Penerima: *transcoder, groomer, ad-splicer, IP STB.*

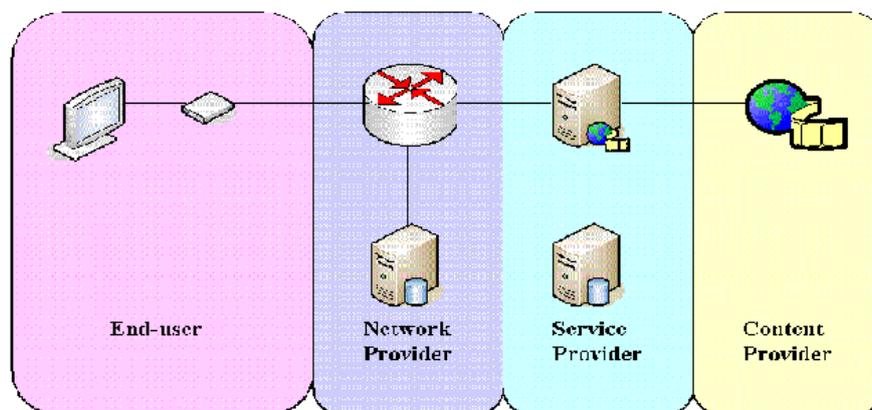


Gambar 2.1. Komponen Pendukung IP Multicast [1]

Persyaratan layanan yang harus dipenuhi IPTV adalah arsitektur IPTV harus mendukung berbagai resolusi konten, berbagai macam *aspect ratio*, mendukung koneksi *Internet Broadband* dan memiliki akses komunikasi dua arah antara pelanggan dengan *Service Provider* (berbeda dengan layanan televisi konvensional).

Berdasarkan pada ITU-T FG IPTV, arsitektur IPTV standar sebagaimana yang diperlihatkan dalam Gambar 2.2 terdiri atas:

1. *Content Provider* merupakan bagian penyedia konten yang memiliki hak hukum untuk menjual konten.
2. *Service provider* merupakan operator yang menyediakan layanan IPTV. Dalam hal ini *Service Provider* dapat juga sebagai *Network Provider*.
3. *Network Provider* merupakan operator penyedia jaringan untuk terhubungnya antara pengguna (*user*) dengan *Service Provider*.
4. *End User* merupakan bagian tujuan dari layanan yang diberikan oleh *Service Provider*.



Gambar 2.2. Arsitektur IPTV [2]

Secara umum, topologi jaringan serat optik FTTH dibedakan atas:

1. *Point to Point Network*
Merupakan jaringan serat optik titik ke titik (P2P) dimana cahaya dipancarkan dari CO ke setiap pelanggan dengan kabel serat optik dan LD yang terpisah. Serat optik mode tunggal digunakan untuk pertukaran lokal (*Local Exchange*) hingga kemudian dipisah ke masing-masing pelanggan pengguna akhir (*End User*).
2. *Active Optical Network (AON)*
Merupakan jaringan serat optik aktif berupa rangkaian titik ke banyak titik (Point to Multi Point = P2MP) yang menggunakan peralatan-peralatan aktif, seperti *optical switch*.
3. *Passive Optical Network (PON)*
Merupakan jaringan serat optik pasif berupa rangkaian titik ke banyak titik (Point to Multi Point = P2MP) yang menggunakan *passive optical splitter* (PON) dengan beberapa macam pengembangan teknologi yang sudah distandarisasi oleh ITU-T G.983 untuk *Broadband PON (BPON)*, ITU-T G.984 untuk *Gigabit-capable PON (GPON)*, IEEE 802.3ah untuk *Ethernet PON (EPON)*, ITU-T G.987 untuk 10G-PON dan IEEE 802.3av untuk 10G-EPON. Secara spesifik, GPON memberikan kecepatan yang besar, peningkatan pengaman dan penggunaan dua pilihan *layer* protokol (ATM, GEM, Ethernet). Prinsip kerja GPON adalah ketika sinyal dikirimkan dari OLT, maka *splitter* memungkinkan satu kabel serat optik dapat mengirimkan sinyal informasi ke berbagai ONT.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam tulisan ini adalah:

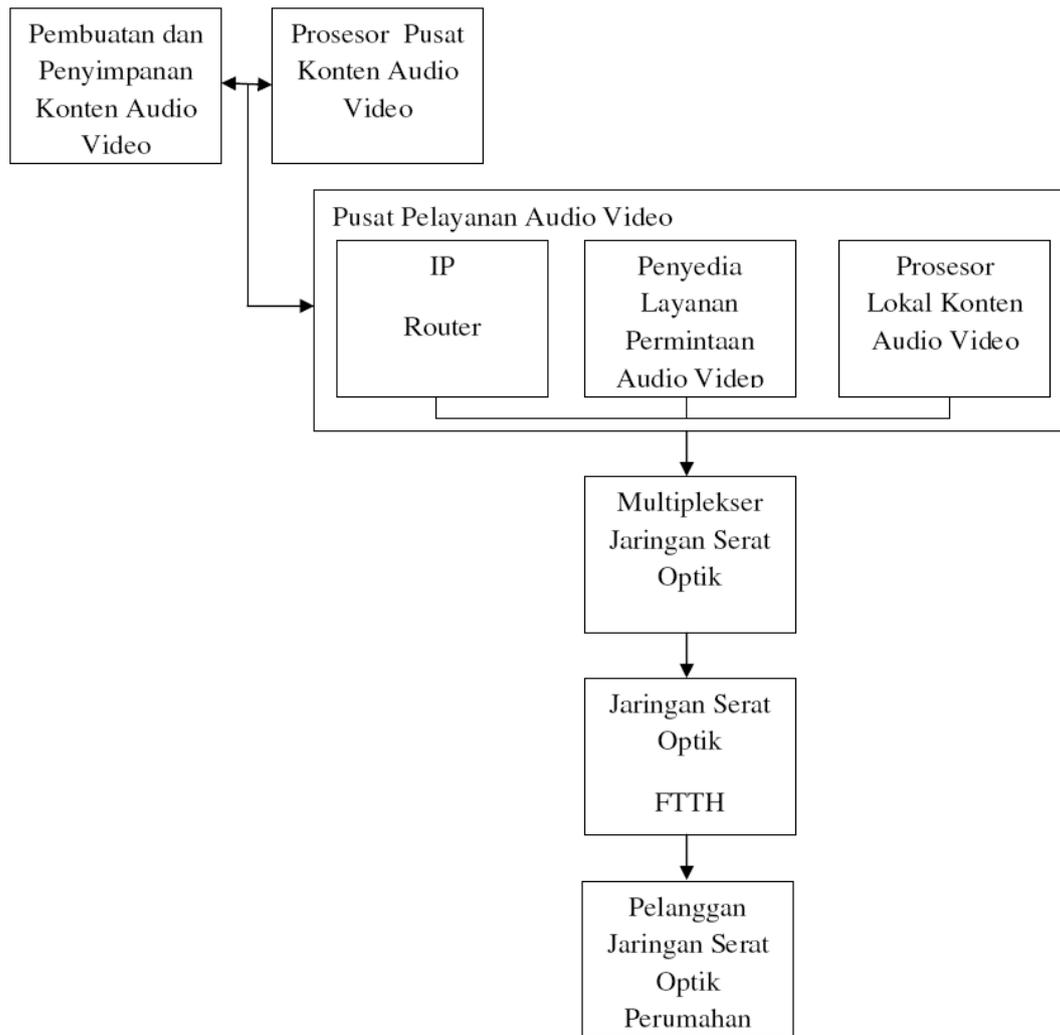
1. Mengumpulkan data
Pengumpulan data berdasarkan referensi yang didapat dari berbagai sumber.
2. Merancang arsitektur IPTV dalam jaringan serat optik
Menghubungkan bagian-bagian yang secara hipotesis mendukung penerapan IPTV dalam jaringan serat optik FTTH.
3. Mengukur dan menganalisa kualitas jaringan serat optik FTTH
Setelah jaringan serat optik FTTH yang mendukung IPTV berhasil dipasang maka kemudian dilaksanakan analisa kualitas jaringan serat optik FTTH.
4. Mengukur dan menganalisa kualitas penerimaan audio video dengan menerapkan IPTV dalam jaringan serat optik.
Setelah IPTV dapat diterapkan dalam jaringan serat optik, maka kemudian dilaksanakan pengukuran dan analisa kualitas penerimaan audio video di sisi pelanggan.
5. Mengambil kesimpulan

4. PENERAPAN IPTV PADA JARINGAN SERAT OPTIK FTTH

Sebagaimana diperlihatkan dalam Gambar 4.1, secara hipotesis, rancangan arsitektur IPTV yang diterapkan dalam jaringan serat optik perumahan (FTTH) memiliki komponen penyusun yang terdiri atas:

1. Pembuatan dan Penyimpanan Konten Audio Video
Merupakan pihak yang menyediakan konten audio video yang sudah memiliki kesepakatan hak guna, yang selanjutnya mengirimkan konten audio video melalui jaringan telekomunikasi berbasis IP dengan pengkodean *IP Multicast*, misalnya: *TV Broadcaster Station, Production House (PH)*, dan sebagainya.
2. Prosesor Pusat Konten Audio Video

- Merupakan bagian pemrosesan sinyal konten audio video dalam *layer Transport Protokol (Transport Stream)* dimana sinyal konten audio video dikonversi ke dalam bentuk *Elementary Stream (ES)* oleh perangkat *Encoder* menggunakan UDP, RTP dan RSTP. Kemudian ditambahkan format pengkodean agar dapat menggunakan IGMP untuk pengiriman *IP Multicast* sehingga memudahkan pengulangan atau reproduksi di bagian *redundancy unit encoder*, dan meminimalisir penggunaan *bandwidth* di sisi pelanggan.
3. Pusat Pelayanan Audio Video
Merupakan pihak perantara (*middleware*) jaringan IPTV yang memproses penyediaan layanan fitur IPTV, yang dibagi atas:
 - a. IP Router
Merupakan bagian yang mengatur *routing* (pengarahan jalur) jaringan telekomunikasi berbasis IP.
 - b. Penyedia Layanan Permintaan Audio Video
Bagian yang memandu program televisi elektronik (*Electronic Program Guide = EPG*), memberikan layanan audio video berdasarkan permintaan (*Audio Video on Demand = VOD*), menyisipkan iklan (*Ads Splice*) serta mengenkripsi pengelolaan hak siar digital (*Digital Right Management*), mengelola pelanggan (*Subscriber Management*) dan menyiapkan tagihan (*Billing System*). Dengan adanya VOD, pelanggan dapat memilih suatu konten audio video yang diinginkan, dan mengulang kembali siaran televisi yang terlewatkan.
 - c. Prosesor Lokal Konten Audio Video
Merupakan bagian yang mengawasi jalur pengiriman paket data audio video dan memeriksa sambungan jaringan telekomunikasi berbasis IP.
 4. Multiplexser Jaringan Serat Optik
Multiplexser jaringan serat optik dapat berupa *Wavelength Division Multiplexing (WDM)* yang bekerja dengan membawa sinyal informasi yang berbeda pada satu serat optik, dimana satu warna putih yang dipancarkan *Laser Diode (LD)* di sisi pemancar kemudian dibagi menjadi banyak spektrum warna (spektrum warna merah, jingga dan seterusnya) yang memiliki panjang gelombang berbeda-beda dan membentuk kanal-kanal komunikasi dalam satu kabel serat optik. Sebagian besar sistem WDM beroperasi pada kabel serat optik *single-mode* yang memiliki diameter inti sebesar 9 μm . Selain itu, WDM juga digunakan dalam kabel serat *multi-mode* yang memiliki diameter inti sebesar 50 atau 62,5 μm . Sistem WDM dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *Continous Wavelength Division Multiplexing (CWDM)* yang menyediakan 8 kanal dalam 3 jendela transmisi dengan panjang gelombang sekitar 1550 nm; dan *Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)*. Sistem CWDM. Sistem DWDM yang menyediakan 40 sampai 50 kanal dalam 3 jendela transmisi dengan panjang gelombang sekitar 1550 nm.
 5. Jaringan Serat Optik FTTH
Konfigurasi jaringan serat optik yang digunakan adalah jaringan *Fiber To The Home (FTTH)* dengan teknologi *Gigabit Passive Optical Network (GPON)* yang menyediakan *bandwidth* yang besar dan *Triple Play Services*, dimana kapasitas *uplink* sebesar 1,244 Gbps dan *downlink* sebesar 2,488 Gbps. Kabel 12/1T ditarik dari *Optical Line Termination (OLT)* menuju *Fiber Distribution Terminal (FDT)*. *Splitter 1:32* yang digunakan pada FDT membagi daya dari kabel serat optik yang masuk ke FDT menuju *Fiber Access Terminal (FAT)* lalu disambungkan ke *Optical Network Termination (ONT)* yang berada di rumah pelanggan.
 6. Pelanggan Jaringan Serat Optik
Merupakan bagian akhir yang menerima layanan IPTV dalam jaringan serat optik



Gambar 4.1. Arsitektur IPTV Dalam Jaringan Serat Optik Perumahan

Untuk pengujian dan analisa kualitas jaringan serat optik FTTH dan kualitas penerimaan audio video dengan menerapkan IPTV dalam jaringan serat optik, maka arsitektur IPTV yang diterapkan dalam jaringan serat optik perumahan (FTTH) kemudian disimulasikan secara sederhana sebagaimana terlihat dalam Gambar 4.2. berikut:



Gambar 4.2. Simulasi IPTV Dalam Jaringan Serat Optik Perumahan (FTTH)

Bagian-bagian yang terdapat dalam simulasi penerapan IPTV dalam jaringan serat optik perumahan (FTTH) adalah:

1. Komputer PC Stasiun TV

Bagian ini merupakan simulasi sederhana untuk bagian pembuatan dan penyimpanan konten audio video dan prosesor pusat konten audio video, serta penyedia layanan permintaan audio video sekaligus prosesor lokal konten audio video. Spesifikasi minimal komputer PC stasiun TV adalah: prosesor Intel i3, RAM 2GB, harddisk 500 GB, LAN Konektor, OS Linux, Aplikasi *Audio Video streaming*, seperti VLC Media Player.

2. IP Router

Bagian ini merupakan pengatur *routing* (pengarahan jalur) jaringan telekomunikasi berbasis IP dengan spesifikasi minimal: N300 Wireless VoIP GPON Router TX-VG1530 yang memiliki port GPON, port ONT, port NAT Router, 4-port *Switch*, *Wireless N-IP Router* dan *VoIP Gateway* dalam satu perangkat berkecepatan tinggi untuk *downlink* 2.488Gbps dan 1.244Gbps untuk *uplink*.

3. Multiplexser Jaringan Serat Optik

Merupakan multiplexser jaringan serat optik. Dalam penelitian ini menggunakan multiplexser jenis DWDM dengan spesifikasi minimal: 8 channel DWDM Mux dengan 1310 wideband, filter wideband 1310 nm yang dapat mentransmisikan 1260nm-1360nm tetapi memantulkan 1460nm-1620nm untuk dikombinasikan dengan 8 kanal DWDM yang berbeda.

4. Jaringan Serat Optik Perumahan FTTH

Dalam penelitian ini menggunakan satu kabel serat optik yang menghubungkan Komputer PC Stasiun TV, IP Router, Multiplexser DWDM, dan Komputer PC penerima audio video.

5. Komputer PC Penerima Audio Video

Merupakan pelanggan jaringan serat optik. Spesifikasi minimal komputer PC penerima audio video adalah: prosesor Intel Celeron, RAM 1 GB, harddisk 500 GB, LAN Konektor, OS Linux, Aplikasi *Audio video streaming*, seperti VLC Media Player dan jumlah minimal adalah dua computer PC.

5. ANALISA

5.1. Pengukuran dan Analisa Kualitas Jaringan Serat Optik FTTH

Dari pengukuran daya *transmitter* dari OLT (*uplink*) dan menuju OLT (*downlink*) didapat nilai sensitivitas *receiver* sebesar -8 dBm untuk *uplink*) dan -28 untuk *downlink*. Redaman (*loss*) pada konektor adalah 1,2 dB dan pada penyambungan kabel optik (*splices loss*) adalah 2 dB, sedangkan pada *splitter* adalah 19 dB. Pelemahan (*attenuation*) yang dihasilkan dari jaringan serat optik FTTH adalah 0,4 dB/km baik dalam keadaan *uplink* maupun *downlink*, dengan jarak terjauh dari OLT ke ONT adalah 500 m.

Pengukuran *link budget* pada jaringan serat optik FTTH dalam penelitian ini dibedakan menjadi dua bagian, yaitu bagian *uplink* dan bagian *downlink* karena panjang gelombangnya bersifat asimetris sehingga nilai *uplink* dan *downlink*nya berbeda. Dalam perhitungan, diambil jarak terjauh dari OLT hingga ONT.

Hasil-hasil pengukuran *uplink* adalah sebagai berikut:

1. Nilai *link power budget* (PB):

$$PB = \min Tx - \min Rx = 0,5 \text{ dBm} - (-28 \text{ dBm}) = 28,5 \text{ dB}$$

2. Nilai *loss budget* (LB):

$$LB = L + dFL + SL + SPL = 1,2 \text{ dB} + (1,1 \text{ km})(0,4 \text{ dB/km}) + 19 \text{ dB} + 2 \text{ dB} = 22,64 \text{ dB}$$

3. Nilai margin:

$$M = PB - LB = 28,5 \text{ dB} - 22,64 \text{ dB} = 5,86 \text{ dB} \text{ (margin} > 3 \text{ dB)}$$

$$4. \text{PIN}_{\text{receiver}} = \text{minTx} - \text{LB} = -0,5 \text{ dB} - 22,64 \text{ dB} = -23,14 \text{ dB}$$

5. *Rise Time Budget (rt)*

Nilai *Rise Time Budget (rt)* dengan pengkodean NRZ (*Non Return to Zero*) dan *single mode* adalah sebesar 0,563 ns.

Hasil-hasil pengukuran *downlink* adalah sebagai berikut:

1. Nilai *link power budget (PB)*:

$$\text{PB} = \text{minTx} - \text{minRx} = 1,5 \text{ dBm} - (-28 \text{ dBm}) = 29,5 \text{ dBm}$$

2. Nilai *loss budget (LB)*:

$$\text{LB} = \text{L} + \text{dFL} + \text{SL} + \text{SPL} = 1,2 \text{ dB} + (1,1 \text{ km})(0,4 \text{ dB/km}) + 19 \text{ dB} + 2 \text{ dB} = 22,64 \text{ dB}$$

3. Nilai margin:

$$\text{M} = \text{PB} - \text{LB} = 29,5 \text{ dB} - 22,64 \text{ dB} = 6,86 \text{ dB} \text{ (margin} > 3 \text{ dB)}$$

$$4. \text{PIN}_{\text{receiver}} = \text{minTx} - \text{LB} = -1,5 \text{ dB} - 22,64 \text{ dB} = -24,14 \text{ dB}$$

5. *Rise Time Budget (rt)*

Nilai *Rise Time Budget (rt)* dengan pengkodean NRZ (*Non Return to Zero*) dan *single mode* adalah sebesar 0,281 ns.

Perbandingan hasil pengukuran dan analisa kualitas jaringan serat optik FTTH antara uplink dan downlink diperlihatkan dalam Tabel 5.1. berikut:

Tabel 5.1. Perbandingan Hasil Pengukuran Antara Uplink dan Downlink

Margin Link Budget			Rise Time Budget		
Uplink	Downlink	Analisa	Uplink	Downlink	Analisa
5,86 dB	6,86 dB	Di atas 3 dB dan dapat beroperasi	0,563 ns	0,281 ns	Di atas 0,27 ns dan dapat beroperasi

5.2. Pengukuran dan Analisa Kualitas Penerimaan Audio Video

Hasil-hasil pengukuran kualitas penerimaan audio video dengan menerapkan IPTV dalam jaringan serat optik diperlihatkan dalam Tabel 5.2 berikut:

Tabel 5.2. Hasil Pengukuran Kualitas Penerimaan Audio Video

Komputer PC	Jarak	Bit Rate	Initial Time	Latency	Kualitas Gambar
PC 1	0 m	4,1 Mbps	17 s	1 ms	Baik
PC 2		4,15 Mbps	16 s	1 ms	Baik
PC 1	100 m	3,8 Mbps	19 s	1 ms	Baik
PC 2		3,9 Mbps	18 s	1 ms	Baik
PC 1	250 m	3,5 Mbps	21 s	0,6 ms	Cukup
PC 2		3,4 Mbps	20 s	0,6 ms	Cukup
PC 1	500 m	3,3 Mbps	23 s	0,4 ms	Cukup
PC 2		3,2 Mbps	22 s	0,4 ms	Cukup

Dari hasil-hasil pengukuran kualitas penerimaan audio video dengan menerapkan IPTV dalam jaringan serat optik sebagaimana yang diperlihatkan dalam Tabel 5.2. dapat dianalisa bahwa hubungan antara jarak komputer PC ke *IP Router* terhadap *bit rate*, *initial time*, *latency* dan kualitas gambar, dimana terdapat perbedaan kecepatan data (*bit rate*) antara komputer PC 1 dan komputer PC 2. Dari Tabel 5.2. dapat dianalisa bahwa semakin jauh jarak komputer PC ke *IP Router* maka *bit rate*, *initial time*, *latency* dan kualitas gambar semakin menurun, dan berlaku untuk semua

komputer PC. Dengan menurunnya *bit rate* maka lama waktu munculnya *file audio video streaming* di komputer PC (*initial time*) semakin lama sedangkan besarnya *latency* dapat dianggap stabil. Dengan waktu munculnya *file audio video streaming* di komputer PC (*initial time*) di atas 20 s (20 detik) maka kualitas gambar berkurang, dan dalam penelitian ini dikategorikan dengan predikat Cukup.

6. KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran dan analisa kualitas jaringan serat optik FTTH serta pengukuran dan analisa kualitas penerimaan audio video dengan menerapkan IPTV dalam jaringan serat optik, dapat disimpulkan:

1. Nilai margin menunjukkan jaringan serat optik FTTH memenuhi kelayakan *link budge*, dimana nilai margin > 3 dB.
2. Nilai daya yang masuk ke *receiver* masih termasuk dalam *range* sensitivitas *receiver* sehingga perangkat *receiver* dapat beroperasi.
3. Nilai *Rise Time Budget (rt)* dengan pengkodean NRZ (*Non Return to Zero*) dan *single mode* lebih daripada 0.27 ns, yaitu 70 persen nilai maksimum periode bit untuk data NRZ sehingga dapat disimpulkan bahwa dalam keadaan *uplink*, jaringan serat optik FTTH layak beroperasi.
4. Semakin jauh jarak komputer PC ke *IP Router* maka *bit rate*, *initial time*, *latency* dan kualitas gambar semakin menurun, dan berlaku untuk semua komputer PC.
5. Dengan menurunnya *bit rate* maka lama waktu munculnya *file audio video streaming* di komputer PC (*initial time*) semakin lama sedangkan besarnya *latency* dapat dianggap stabil.
6. Dengan waktu munculnya *file audio video streaming* di komputer PC (*initial time*) di atas 20 s (20 detik) maka kualitas gambar berkurang.

DAFTAR REFERENSI

- [1.]Held, Gilbert (2007). Understanding IPTV. Auerbach Publications Taylor & Francis Group.
- [2.]Jones, Simon. (2006). IPTV Delivery Architecture. ITU-T IPTV Global Technical Workshop,Seoul.
- [3.]Hermawan, Nanang; Hartanto, Sri; Purwo Santoso, Slamet (2017). Perencanaan Sistem Jaringan FTTH Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON). Skripsi Universitas Krisnadwipayana.
- [4.]Michael, Bass; Stryland, Eric W. Van; etc (2002). Fiber Optics Handbook – Fiber, Devices and Systems for Optical Communication. McGraw-Hill.
- [5.]Festraets, Eric, etc (2010). FTTH Handbook. Fibre to the Home Council Europe.
- [6.]Simpson, Wes & Greenfield, Howard. (2007). IPTV and Internet Video – Expanding the Reach of Television Broadcasting. National of Association Broadcasters (NAB) Focal Press.
- [7.]O’Driscoll, Gerard. (2007). Next Generation IPTV Services and Technologies. A John Wiley & Sons, Inc., Publication.
- [8.] Kawamori, Masahito (2010). ITU-T IPTV for Accessibility. ITU-EBU Jaoint Workshop on Accessibility to Broadcasting and IPTV Access for All, Geneva.