

# INTEGRASI SISTEM HEADEND HFC PADA JARINGAN FIBER TO THE HOME UNTUK LAYANAN TV BROADCAST ANALOG

## INTEGRATION HFC HEADEND SYSTEM ON FIBER TO THE HOME NETWORK FOR BROADCAST ANALOG TV SERVICES

Fiqri Fadlillah Mubarak<sup>1</sup>, Tri Nopiani Damayanti<sup>2</sup>, Dudung Ruhimat<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Diploma 3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

<sup>3</sup>Jabar Telematika

<sup>1</sup>fadlillah.fiqri@gmail.com, <sup>2</sup>damayanti@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>dudung.ruhimat@jatel.co.id

### Abstrak

Penelitian ini mengusulkan sebuah sistem *headend Hybrid Fiber Coax* (HFC) yang diintegrasikan pada jaringan *Fiber to The Home* (FTTH). Implementasi Headend HFC pada jaringan FTTH bertujuan untuk menambah layanan TV Broadcast Analog sehingga dengan menggunakan satu antenna dapat melayani banyak *user* dengan menggunakan panjang gelombang yang sama di 1550 nm.

Implementasi jaringan yang diusulkan menggunakan perangkat FTTH meliputi perangkat OLT, ODC, *passive splitter*, *patchcore*, dan roset. Jaringan FTTH tersebut akan diintegrasikan dengan jaringan HFC dengan perangkat yang digunakan yaitu *fiber transmitter*, *fiber node*, *tv tuner*, antenna, dan *amplifier*.

Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa nilai daya terima antenna memiliki kualitas layanan yang baik dengan nilai sebesar -40 dB. Nilai sensitivitas penerimaan perangkat fiber node sebesar -5 dBm sampai dengan -27 dBm dengan nilai CNR yang dihasilkan sebesar -47.7 dB.

**Kata kunci :** *Headend HFC, FTTH, Power Receive, CNR.*

### Abstract

This research has proposed a Hybrid Fiber Coax headend system (HFC) which is integrated in the Fiber to the Home (FTTH) network. HFC Headend Implementation on FTTH network aims to add Analog Broadcast TV service so that by using one antenna can serve many users by using the same wavelength at 1550 nm.

The proposed network implementation using FTTH devices includes OLT, ODC, and passive splitter, patch core, and rosette devices. The FTTH network will be integrated with the HFC network with the devices used namely fiber transmitters, fiber nodes, tv tuners, antennas, and amplifiers.

The system test results show that the antenna receive power value has good service quality with a value of -40 dB. The sensitivity value of the device receiving fiber node is -5 dBm up to -27 dBm with the resulting CNR value of -47.7 dB.

**Keywords:** *Headend HFC, FTTH, Power Receive, CNR.*

## 1. PENDAHULUAN

Teknologi *Hybrid Fiber Coax* (HFC) merupakan sebuah teknologi yang menggabungkan kabel serat optik dengan kabel koaksial untuk menyediakan layanan dengan laju data yang lebih tinggi dibandingkan menggunakan kabel koaksial. Layanan yang dapat disediakan oleh teknologi HFC saat ini sebagai *broadband network* antara lain TV Broadcast, internet, IP Telephony dan Video-On-Demand (VOD) [1-3]. Kebutuhan komunikasi yang menyediakan layanan *broadband network* dengan kapasitas bandwidth yang lebar semakin dibutuhkan oleh *user*. Teknologi jaringan

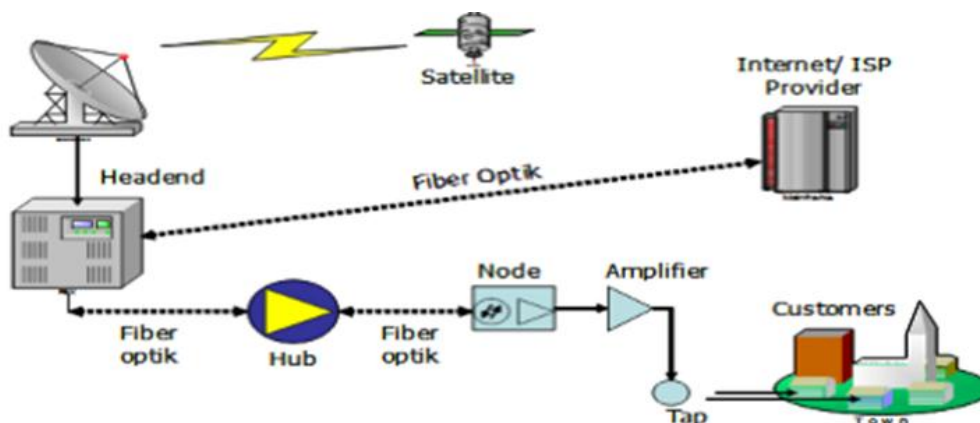
yang dapat menyediakan kebutuhan layanan tersebut salah satunya adalah teknologi *Passive Optical Network* (PON). Teknologi PON telah diimplementasikan pada jaringan *Fiber to The Home* (FTTH), *Fiber to The Building* untuk menyediakan layanan triple play yaitu layanan internet, IPTV dan Telepon [4-7]. Pada jaringan FTTH yang saat ini telah diimplementasikan di Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom, layanan IPTV untuk setiap *user* perlu menggunakan STB (*Set Top Box*) untuk dapat menerima layanan yang diberikan oleh operator dengan beberapa *channel* tertentu. Pada perkembangannya berdasarkan kebutuhan, dirasakan perlu adanya perangkat tambahan yang mampu menyediakan layanan *TV Broadcast* dengan *channel* pilihan sendiri dengan efisiensi perangkat di sisi *user*, *low cost*, serta dapat menampung *user* dalam jumlah yang banyak di Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom.

Berdasarkan permasalahan diatas maka penelitian ini mengusulkan untuk mengintegrasikan sistem *headend Hybrid Fiber Coax* (HFC) pada jaringan FTTH Fakultas Ilmu Terapan Universitas Telkom. *Headend* memegang peranan penting dari sistem HFC. Fungsi utama *headend* adalah menerima dan memproses sinyal televisi baik yang *broadcast* maupun yang ‘*off-air*’ dan mendistribusikan sinyal tersebut (baik berupa sinyal video, audio maupun data) ke *user*.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1 Hybrid Fiber Coax (HFC)

Jaringan HFC merupakan sebuah jaringan yang memadukan antara kabel koaksial dengan *fiber optik* menggunakan transmisi analog dengan metode *Sub Carrier Multiplexing* (SCM) yang dapat memberikan layanan internet, suara serta video [1]. Sinyal informasi yang ditransmisikan akan dirubah menjadi sinyal RF kemudian saat sinyal RF tersebut akan diubah menjadi sinyal yang akan ditransmisikan sampai ke fiber node. Pada perangkat *fiber node*, sinyal informasi yang telah diubah ke sinyal optik akan diubah kembali menjadi sinyal RF. Pada sisi user, sinyal RF akan dirubah kembali menjadi sinyal informasi..



Gambar 1. Arsitektur HFC [8]

Pada arsitektur jaringan HFC yang ditunjukkan pada Gambar 1, terdapat beberapa perangkat pendukungnya antara lain *Headend* yang memiliki fungsi sebagai pengumpul dan pengolah sumber informasi yang akan didistribusikan ke user. *Headend* ini terdiri atas beberapa bagian yaitu *receiver antenna*, *demodulator*, *modulator*, *combiner*, *cable router*, dan *opto elektronik*.

Perangkat berikutnya yang digunakan pada jaringan HFC adalah *fiber optik* yang berfungsi untuk menghubungkan antara *headend*, *distribution hub* sampai dengan *fiber node*. Perangkat *fiber node* berfungsi untuk mengubah sinyal optik menjadi sinyal listrik yang akan ditransmisikan ke

kabel koaksial atau sebaliknya. Perangkat selanjutnya adalah distribusi optik yang berfungsi untuk menghubungkan antara hub dengan fiber node. Perangkat HFC lainnya yaitu jaringan distribusi pelanggan merupakan jaringan akses untuk mendistribusikan sinyal RF dari *fiber node* menuju terminal pelanggan dan sebaliknya [8].

## 2.2 Parameter Kualitas Jaringan HFC

Faktor yang mempengaruhi performansi jaringan dinyatakan dalam perbandingan terhadap level daya sinyal pembawa. Parameter yang dapat diukur untuk menentukan kinerja jaringan akses HFC adalah *Carrier to Noise Ratio* (CNR). Nilai *CNR* merupakan nilai perbandingan antara level sinyal *carrier* dan level sinyal *noise* yang diterima *receiver* pada jaringan optik maupun jaringan kabel koaksial. Performansi *noise* dari perangkat tunggal ditetapkan sebagai *noise figure*. Nilai *CNR* yang direkomendasikan adalah 47 sampai dengan 49 dB [9]. Sedangkan standar *CNR* untuk performansi jaringan HFC berdasarkan ITU-T yakni  $\geq 43$  dB [10]. Nilai *CNR* jaringan pengaruh *amplifier* ditunjukkan pada persamaan 1 dan 2 [9]:

$$CNR = 65.2 - 10 \log (\Delta f) + Li - NF \quad (1)$$

$$CNR = 65.2 - 10 \log (V_b - N_b) + Li - N \quad (2)$$

Dimana;

$\Delta f$  = selisih antara video *bandwidth* dikurangi dengan *noise bandwidth* sesuai dengan sistem yang digunakan (MHz)

$V_b$  = video *bandwidth* (MHz)

NF = Noise figure (noise dari perangkat tunggal)

$N_b$  = *noise bandwidth* (MHz)

Li = *amplifier input level* (dBmV), dengan asumsi temperatur 68°F (20°C).

N = jumlah *amplifier* yang digunakan

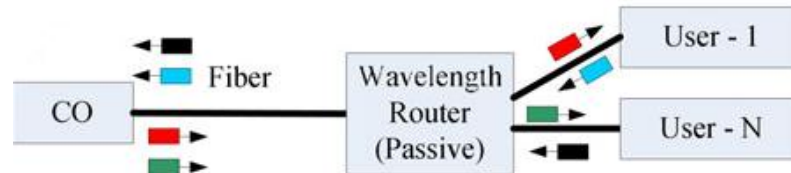
## 2.3 Fiber To The Home (FTTH)

FTTH adalah jaringan *broadband* yang merupakan sistem jaringan yang mampu mentransmisikan video, data dan sinyal suara ke pengguna dengan tingkat kecepatan tinggi. FTTH menggunakan kabel serat optik sebagai media untuk sinyal transmisi kepada pengguna. Sebelum serat optik diimplementasikan ke dalam jaringan, kabel telepon tembaga digunakan untuk membawa sinyal yang dihasilkan oleh perangkat telepon. Jaringan FTTH tidak memerlukan komponen aktif dengan operasi yang rendah biaya untuk mematuhi permintaan pengguna. *Bandwidth* dari jaringan sangat penting dan akan menjadi faktor penentu dari kapasitas yang dapat dibawa. Semakin lebar *bandwidth*, semakin besar data yang dapat dibawa pada satu waktu [4].

## 2.4 Wavelength Division Multiplexing (WDM) PON

*Wavelength Division Multiplexing* (WDM) adalah teknologi *multiplexing* yang digunakan untuk menggabungkan beberapa sinyal informasi (suara, data, dan video) menjadi satu dengan menggunakan panjang gelombang cahaya yang berbeda-beda yang ditunjukkan pada Gambar 2. Saat ini WDM banyak digunakan untuk meningkatkan kapasitas jaringan tanpa penambahan saluran optik baru. Penggunaan WDM dan penguat optik, *user* dapat mengakomodir perkembangan teknologi tanpa menambah infrastruktur jaringan *backbone* optik. Kapasitas dapat ditingkatkan secara mudah dengan mengembangkan *multiplexer/demultiplexer* disetiap sisi. Sedangkan untuk *interoperability* agar sistem dapat beroperasi menggunakan perangkat eksisting, maka pada

jaringan *transport* dilakukan translasi dari *optical to electrical to optical (O/E/O)*. WDM mengalokasikan satu sinyal optik dengan satu frekuensi cahaya atau panjang gelombang dalam *frekuensi band* tertentu. Teknik *multiplexing* ini serupa dengan teknik pada gelombang radio yang disalurkan dengan frekuensi yang berbeda tanpa mengganggu satu sama lainnya. Pada sistem WDM, masing-masing panjang gelombang disalurkan ke dalam serat optik, dan sinyal di demultipleks di sisi penerima. WDM membawa masing-masing sinyal input secara terpisah, yang menginisialisasi tiap kanal memiliki *dedicated bandwidth* [11].

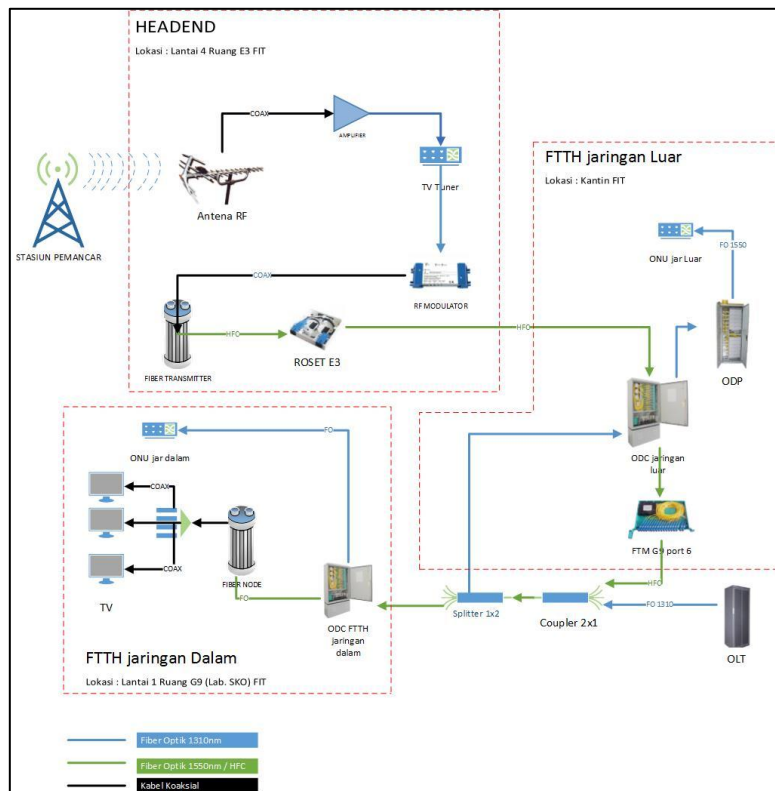


Gambar 2. Transmisi pada WDM PON [11]

### 3. PEMBAHASAN DAN PENGUJIAN

#### 3.1. Pemodelan Sistem

Pemodelan sistem integrasi jaringan teknologi HFC dengan FTTH ditunjukkan pada gambar 3. Pada integrasi jaringan HFC – FTTH , antenna akan menangkap sinyal *channel* dari Stasiun pemancar *relay TV*. Sebelum diolah di *TV tuner*, sinyal akan dikuatkan oleh *amplifier* dengan penguatan 10 dB. Sinyal TV berupa sinyal baseband audio dan video akan ditempatkan pada sinyal pembawa RF oleh perangkat RF *Modulator*.



Gambar 3. Pemodelan Sistem Jaringan HFC-FTTH

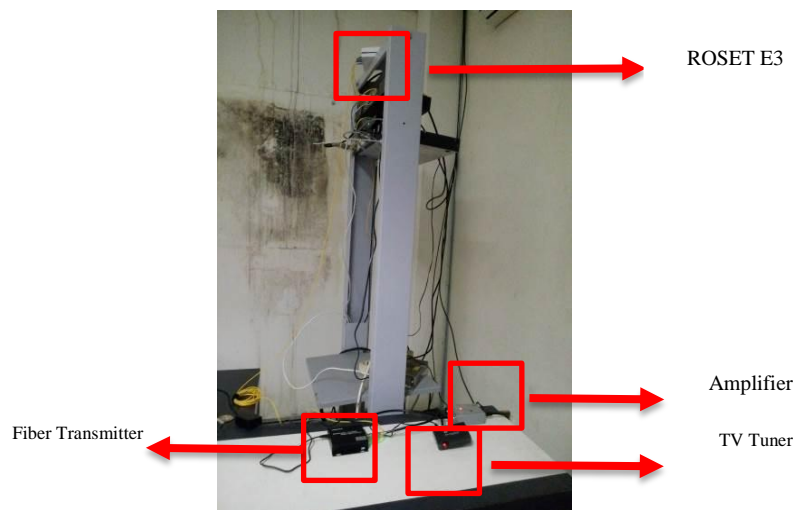
Sinyal RF akan dikonversi ke dalam bentuk sinyal *optoelektronik* dengan panjang gelombang 1550 nm untuk ditransmisikan menggunakan *fiber optik* melalui ODC jaringan luar/*indoor* dan FTM. Pada bagian FTM, jalur transmisi akan dimultiplex dengan input OLT dari FTM oleh *coupler*. Hasil multiplex akan ditransmisikan menggunakan jalur FTTH jaringan *indoor*. Sinyal akan ditransmisikan pada ODC melalui *splitter* untuk menghasilkan layanan *Triple Play* FTTH dan Layanan TV HFC hasil konversi ke bentuk RF di *Fiber Node*.

Pada implementasi ini, layanan yang digunakan adalah layanan TV analog dari antenna penerima yang ditempatkan di area *outdoor* yang ditunjukkan pada Gambar 4.. *Channel* TV analog yang digunakan adalah *channel* TV lokal yang merupakan TV nasional dan TV daerah wilayah Bandung dan sekitarnya. Letak antenna RF sangat berpengaruh terhadap jumlah *channel* dan kualitas yang dapat ditangkap. Letak antenna harus memperhatikan kondisi gedung, kelurusan dengan derajat stasiun pemancar, dan estimasi panjang kabel koaksial sampai menuju *amplifier*. Pada implementasi ini, letak antenna RF diletakkan di lantai 4 gedung Fakultas Ilmu Terapan.



Gambar 4. Antena RF yang digunakan

Penempatan perangkat *headend* haruslah disesuaikan dengan range jarak kabel koaksial yang membawa sinyal dari antenna yakni 20 m. Dalam hal ini, penempatan *headend* diletakkan ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Letak *Headend*

Kebutuhan Perangkat HFC pada Jaringan FTTH ditunjukkan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Kebutuhan Perangkat HFC pada FTTH

Perangkat	Jumlah	Unit
Antena	1	Buah
TV Tuner	1	Buah
CATV Amplifier	1	Buah
Fiber Transmitter	1	Buah
Fiber Node	1	Buah
Kabel Koaksial RG6	20	meter
Patchcore FC APC	2	Buah
OLT	1 PON	Slot
PS 1:2	2	Buah
PS 1:8	2	Buah
Coupler 2:1	1	Buah
Kabel feeder	150	m
Kabel distribusi	150	m

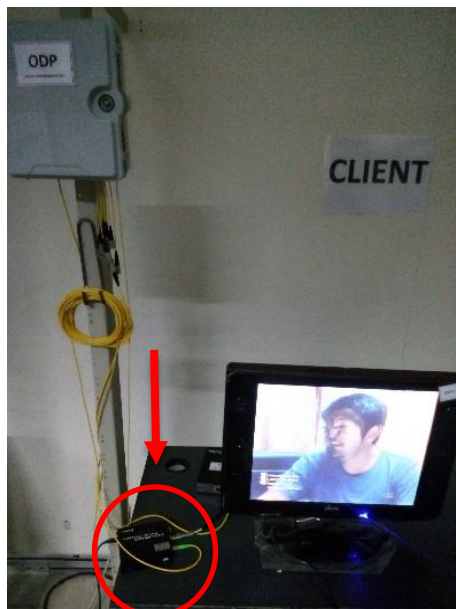
Pada ODC terdapat *passive splitter* 1:2 yang akan membagi kapasitas kabel menjadi beberapa output. Letak ODC jaringan indoor dan outdoor ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. ODC

Pada ODC terdapat *passive splitter* 1:8 yang akan membagi kapasitas kabel menjadi beberapa output. Letak ODC disesuaikan dengan letak ruang panel untuk mempermudah penarikan kabel, perawatan, serta *maintenance*.

Pada implementasi ini *Fiber Node* berada di Laboratorium SKO yang terdapat perangkat OLT dan jaringan FTTH yang dikonvergensi dengan HFC. Gambar letak *fiber node* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Letak Fiber Node

### 3.2. Pengujian Sistem

Untuk mengetahui kualitas siaran tv yang dihasilkan, akan dilakukan beberapa skenario pengujian, antara lain:

1. Pointing antenna diarahkan ke Stasiun Relay Parongpong dengan jarak 19, 21 km dari antenna penerima. Terminasi jaringan HFC dilakukan tanpa adanya input dari OLT FTTH.
2. Pointing antenna diarahkan ke Stasiun Relay Parongpong dengan jarak 19, 21 km dari antenna penerima. Terminasi jaringan HFC dilakukan dengan input dari OLT FTTH.
3. Pointing antenna diarahkan ke Stasiun Relay Dangiang dengan jarak 45, 92 km dari antenna penerima. Terminasi jaringan HFC dilakukan tanpa adanya input dari OLT FTTH.
4. Pointing antenna diarahkan ke Stasiun Relay Dangiang dengan jarak 45,92 km dari antenna penerima. Terminasi jaringan HFC dilakukan dengan input dari OLT FT

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Andoid Geocam*, *Compass Cordinate*, dan *Measure Distance* (untuk pointing antenna), *Spectrum Analyzer*, *Optical Power Meter*, Osciloskop dan TV.

#### 3.2.1. Pengukuran *Power Receive*

Pengukuran *Power Receive* dilakukan untuk mengetahui daya keluaran yang dihasilkan masing-masing perangkat. Nilai dari *power receive* dapat menjadi acuan dalam sensitivitas penerimaan daya di *Fiber Node*, nilai *power receive* ini berpengaruh terhadap bekerja atau tidaknya layanan TV. Berdasarkan tabel 2, menunjukkan bahwa pada pengujian 1 dan 2, penerimaan *power* antenna sama yakni sebesar -60 dB, sedangkan pada pengujian 3 dan 4, sebesar -42,8 dB. Pengaruh dari *gain* dari *amplifier* tidak terlalu signifikan yakni sebesar -10 dB. Sedangkan untuk seluruh pengujian, nilai *Power Fiber Transmitter* sampai dengan *power* di FTM memiliki nilai yang sama. *Power* pada *coupler* pengujian 1 dan 3 memiliki nilai sama yakni -22.54 dBm, sedangkan pada

pengujian 2 dan 4 sebesar -1,63 dBm. Pada sisi akhir *power input* ke *Fiber Node* yakni power di ODC jaringan indoor, *output* yang yang dihasilkan pada pengujian 1 dan 3 sebesar -26,8 dBm, sedangkan pada pengujian 2 dan 4 sebesar -6,77 dBm. Perubahan daya yang dipancarkan *Fiber Transmitter* sampai dengan FTM di G9 mengalami penurunan daya sebesar 9,47 dBm yang diakibatkan pengaruh dari jarak fiber optik dari ruangan E3 ke G9, redaman konektor dan redaman *splitter*.

Tabel 2. Pengujian *Power Receive*

No	Pengujian	Power Antena (dBm)	Power Amplifier (dB)	Power Fiber Tx (dBm)	Power FO HFC ODC port 7 (dBm)	Power FO HFC FTM G9 (dBm)	Power Coupler (dBm)	Power ODC jaringan dalam (dBm)
1	1	-60	-50	-7,32	-11,79	-16,79	-22.54	-26.8
2	2	-60	-50	-7,32	-11,79	-16,79	-1.63	-6.77
3	3	-42,8	-32,8	-7,32	-11,79	-16,79	-22.54	-26.8
4	4	-42,8	-32.8	-7,32	-11,79	-16,79	-1.63	-6.77

Pada implementasinya, nilai *power* di ODC jaringan dalam harus memenuhi nilai sensitivitas detektor berdasarkan ITU-T sebesar -10 sampai dengan -28 dBm. Hasil uji kinerja dapat dilihat pada tabel 3 yang menunjukkan Output TV berdasarkan *power receive* antenna. Berdasarkan tabel 3, pada pengujian 1 dan 3, nilai *power input Fiber Node* sebesar -26.8 dBm dapat memenuhi kinerja layanan TV HFC dan sensitivitas kinerja dari FTTH. Sedangkan pada pengujian 2 dan 4, nilai *power input Fiber Node* sebesar -5.77 dBm dapat memenuhi kinerja layanan TV HFC namun tidak memenuhi standar sensitivitas kinerja dari detektor. Maka untuk dapat memenuhi sensitivitas detektor, perlu ditambahkan *splitter* 1x8 (redaman 11dBm) dengan perhitungan akhir daya menjadi -16,77 dBm.



Tabel 3 Hasil Uji Kinerja

Pengujian	Nilai Power Input Fiber Node	Kinerja layanan TV HFC	Pemenuhan sensitivitas FTTH (-10 sampai dengan -28)
1	-26,8 dBm	Aktif	Memenuhi
2	-5,77 dBm	Aktif	Tidak memenuhi
3	-26,8 dBm	Aktif	Memenuhi
4	-5,77 dBm	Aktif	Tidak memenuhi

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada tabel 4, Nilai yang dapat mempengaruhi kualitas gambar TV adalah besarnya penerimaan daya di antenna. Semakin besar power yang diterima, maka semakin jernih kualitas tayangan yang dihasilkan.



Tabel 4. Output TV

Pengujian	Power Receive Antena	Output TV
1	-60 dBm	
2	-60 dBm	
3	-42,8 dB	
4	-42,8 dB	

**3.2.2. Parameter CNR**

Parameter Kelayakan CNR merupakan parameter yang mendukung terhadap nilai kualitas jaringan yang telah dibangun. CNR yang diukur merupakan nilai yang didapatkan berdasarkan pengukuran rasio nilai *carrier* dan nilai *noise* yang terdapat pada jaringan HFC yang telah diintegrasikan pada FTTH. Nilai CNR diperoleh melalui pengukuran menggunakan alat *Oscilloscope* dan *Function Generator* sebagai pembangkit sinyal *carrier*. Nilai yang diukur adalah nilai *Video Bandwidth* dan *Noise Bandwidth* dari pengujian Skenario Pengujian 4 yang telah diintegrasikan dengan FTTH. Hasil pengukuran didapatkan nilai *video bandwidth* sebesar 109 kHz dan *noise bandwidth* sebesar 97.3 kHz. Dari perhitungan matematis menggunakan persamaan 1 dan 2 didapatkan CNR sebesar 47.7 dB. Maka didapatkan nilai perbandingan pada tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Hasil CNR

Rekomendasi Nilai HFC		Nilai Hasil Pengukuran
47 sampai dengan 49 dB	ITU-T ≥ 43 dB	47.7 dB

Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai CNR yang didapatkan telah sesuai dengan standar yang diinginkan. Nilai CNR tersebut menunjukkan bahwa jaringan yang telah dibangun memiliki kualitas yang baik untuk mendukung layanan TV.

### 3.2.3. Kapasitas Pelanggan

Pengujian kapasitas pelanggan dilakukan untuk menghitung kapasitas pelanggan yang dapat digunakan pada jaringan HFC yang telah diintegrasikan pada FTTH. Kapasitas pelanggan yang diukur merupakan nilai yang didapatkan dari kalkulasi jumlah pelanggan tiap output segmen distribusi (setelah *output coupler* 2:1). Pengujian dilakukan pada skenario pengujian 1 dan 3 tanpa integrasi FTTH, serta pengujian 2 dan 4 dengan integrasi pada FTTH. Hasil pengujian kapasitas pelanggan dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Kapasitas Pelanggan

No	Pengujian		Penggunaan Perangkat Distribusi				Kapasitas total
			ODC (sp 1x4)	ODP (sp 1x8)	Fiber Node	Splitter Amplifier (1x4)	
1	Pengujian ke 1 & 3		-	√	√	√	32 pelanggan
2	Pengujian ke 2 & 4	Jaringan FTTH Dalam	√	√	√	√	128 pelanggan
		Jaringan FTTH Luar	√	√	√	√	128 pelanggan

Tabel 6. menunjukkan bahwa pada pengujian 1 dan 3, menggunakan perangkat distribusi koaksial *splitter amplifier* 1x4, dan ODP dengan *splitter* 1x4. Pada pengujian tersebut, total kapasitas pelanggan yang dapat dilayani yakni sebanyak 32 pelanggan. Sedangkan pada pengujian 2 dan 4, perangkat distribusi yang digunakan yakni ODC 1x2, ODP 1x8, serta *Splitter Amplifier* 1x4. Pada pengujian 2 dan 4, terdapat 2 jalur distribusi yakni jaringan FTTH dalam dan jaringan FTTH luar, dengan total kapasitas pelanggan yang dilayani sebanyak 256 pelanggan.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai *power input Fiber Node* yang memenuhi kinerja layanan TV yakni sebesar -5 dBm sampai dengan -27 dBm. Nilai CNR yang didapatkan sebesar 47,7 dB sehingga hasil pengukuran kualitas HFC pada jaringan FTTH adalah baik dan memenuhi standar. Dari hasil pengujian didapatkan nilai kapasitas pada jaringan HFC tanpa integrasi FTTH sebanyak 32 pelanggan, sedangkan pada jaringan HFC yang diintegrasikan pada FTTH memiliki kapasitas pelanggan yang lebih banyak yakni 256 pelanggan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Hadi, Agus. 2015. *Pengertian Kabel Jaringan Fiber Optik Beserta Kelebihan dan Kekurangannya*. Tersedia di <http://teknodaily.com/pengertian-kabel-jaringan-fiber-optik-beserta-kelebihan-kekurangannya/>. Diakses pada 1 Desember 2016
- [2] Ovum report.2016. *HFC: Delivering Gigabit Broadband*. [Online]. Tersedia di : <http://www.nbnco.com.au/content/dam/nbnco2/documents/HFC%20Delivering%20Gigabit%20Broadband%20Ovum%20Report.pdf> [diakses pada 9 juli 2018]
- [3] D.J.Rice. 2015. DOCSIS 3.1<sup>®</sup>Technology and Hybrid Fiber Coax for Multi-Gbps Broadband. *Optical Fiber Communications Conference and Exhibition (OFC)*, Los Angeles, CA. 1-4.
- [4] Damayanti, Tri Nopiani, Putri, Hasanah.2016. Perbandingan Unjuk Kerja Transmisi Jaringan FTTB Menggunakan GEAPON dan GPON. *Jurnal Elektro dan Telekomunikasi Terapan (JETT)*. **3:2** 356-368.
- [5] F. Phillipson. 2015. Estimating FTTH and FTTCurb Deployment Costs Using Geometric Models with Enhanced Parameters. *20th European Conference on Networks and Optical Communications - (NOC), London*. 1-5.
- [6] R. Jirachariyakool, N. Sra-ium and S. Lerkvaranyu. 2017. Design and Implement Of GPON-FTTH Network For Residential Condominium. *14th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)*. 1-5.
- [7] M. Żotkiewicz and M. Mycek. 2017. Reducing the Costs Of FTTH Networks By Optimized Splitter And OLT Card Deployment. *IEEE/OSA Journal of Optical Communications and Networking*. **9: 5** 412-422.
- [8] Ahmad, S. S., Aplikasi HFC untuk Layanan Dua Arah, Gematel Nomor 2/XXVIII
- [9] Siswantha, Hendrico.2005. Analisa Headend pada Jaringan HFC Hybrid Fiber Coax Untuk Mendukung Layanan Multimedia di Jakarta. Skripsi, Universitas Telkom: Bandung.
- [10] Wavelength Division Multiplexing. Universitas Mercubuana : Jakarta. Tersedia di [digilib.mercubuana.ac.id/manager/n!/@file\\_skripsi/Isi3516031286529.pdf](http://digilib.mercubuana.ac.id/manager/n!/@file_skripsi/Isi3516031286529.pdf). Diunduh pada : 1 Agustus 2017
- [11] T. Rokkas, I. Neokosmidis, D. Katsianis and D. Varoutas. 2012. Cost Analysis of WDM and TDM Fiber-to-the-Home (FTTH) Networks: A System-of-Systems Approach.in *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*. 42:6 1842-1853.