

**PERANCANGAN JARINGAN AKSES *FIBER TO THE HOME*
MENGUNAKAN TEKNOLOGI GPON PADA CLUSTER
EXCELIA CIPONDOH**



SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Sistem Telekomunikasi

Oleh :

Eka Novelia Putri Arini

2102468

**PROGRAM STUDI SISTEM TELEKOMUNIKASI
KAMPUS UPI DI PURWAKARTA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2025**

LEMBAR HAK CIPTA

PERANCANGAN JARINGAN AKSES *FIBER TO THE HOME* MENGUNAKAN TEKNOLOGI GPON PADA CLUSTER EXCELIA CIPONDOH

Oleh

Eka Novelia Putri Arini

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Sistem Telekomunikasi

© **Eka Novelia Putri Arini** 2025

Univesitas Pendidikan Indonesia

Juni 2025

Hak cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan di cetak ulang, difoto kopi atau cara lainnya tanpa izin penulis.

LEMBAR PENGESAHAN

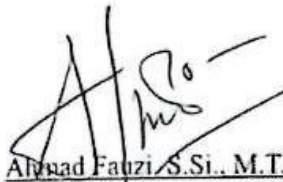
EKA NOVELIA PUTRI ARINI

2102468

PERANCANGAN JARINGAN AKSES *FIBER TO THE HOME* MENGUNAKAN TEKNOLOGI GPON PADA CLUSTER EXCELIA CIPONDOH

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



Alwadi Fauzi, S.Si., M.T.

NIP. 920171219820915101

Pembimbing II



Galura Muhammad Suranegara, S.Pd., M.T.

NIP. 920190219920111101

Mengetahui,

Kepala Program Studi Sistem Telekomunikasi



Galura Muhammad Suranegara, S.Pd., M.T.

NIP. 920190219920111101

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN BEBAS PLAGIARISME

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**PERANCANGAN JARINGAN AKSES *FIBER TO THE HOME* MENGGUNAKAN TEKNOLOGI GPON PADA CLUSTER EXCELIA CIPONDOH**” ini beserta seluruh isinya merupakan karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini saya siap menerima resiko/ sanksi apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Purwakarta, Juni 2025
Yang membuat pernyataan,



Eka Novelia Putri Arini
NIM 2102468

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat rahmat dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**PERANCANGAN JARINGAN AKSES *FIBER TO THE HOME* MENGGUNAKAN TEKNOLOGI GPON PADA CLUSTER EXCELIA CIPONDOH**”. Adapun tujuan disusunnya tugas akhir ini sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik bagi mahasiswa Program Studi Sistem Telekomunikasi di Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini memiliki keterbatasan dan masih jauh dari kesempurnaan, oleh karenanya penulis mengharapkan kritik serta saran yang bersifat membangun dari semua pihak untuk perbaikan di masa mendatang. terselesaikannya tugas akhir ini tak lepas dari bantuan banyak pihak, sehingga penulis dengan segala rasa hormat dan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan tugas akhir ini hingga selesai, terutama kepada:

1. Kedua orang tua Bapak Eko Sujarwanto dan Ibu Lilik Puryanti serta adik Rizki Kurniawan yang senantiasa memberikan doa, dukungan serta motivasi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan studi tugas akhir ini.
2. Bapak Ahmad Fauzi, S.Si., M.T., selaku dosen pembimbing I dan Bapak Galura Muhammad Suranegara, S.Pd., M.T., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta ilmu secara materil selama proses penelitian maupun penulisan.
3. Bapak Galura Muhammad Suranegara, S.Pd., M.T., selaku Kepala Program Studi Sistem Telekomunikasi di Universitas Pendidikan Indonesia kampus di Purwakarta
4. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Sistem Telekomunikasi yang telah memberikan banyak ilmu dan waktu yang tak terbatas selama kuliah.

5. Ibu Siti Marthaulina Sianturi selaku Supervisor SDI Telkom Witel Tangerang, Mbak Febi, Mbak Angel, Mbak Berta, Mbak Mia, Bang Garuda dan Bang Jiung selaku karyawan PT. Telkom Witel Tangerang yang telah memberikan informasi dan meluangkan waktunya selama penulis magang dan penelitian.
6. Sahabat seperjuangan penulis selama kuliah Alya Nur Septiani, Desiana Fajar Wisdawati, Eidilla Shalsadiza Pradiptya, Priska Eliyanti, Risma Yulianti dan Santy Raina Nurtsania yang selalu menjadi pendengar keluh kesah dan memberikan dukungan serta bantuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman-teman Angkatan 21 yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang selalu memberikan kebersamaan dan dukungan selama kuliah.

Akhir kata penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis berharap tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan dunia pendidikan.

Purwakarta, Juni 2025
Penulis,

Eka Novelia Putri Arini

ABSTRAK

Kebutuhan jaringan akses internet saat ini sangat meningkat secara signifikan seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan layanan *triple-play*. Cluster Excelia yang merupakan salah satu *cluster* baru yang terdapat di Taman Banjar Wijaya, Cipondoh, Tangerang memiliki konsep hunian modern dengan menawarkan fasilitas *smart home*. Sehingga untuk mendukung kebutuhan internet pada *cluster* tersebut maka dibutuhkan penggelaran jaringan akses *Fiber To The Home* (FTTH). Pada penelitian ini telah dirancang desain penggelaran jaringan FTTH pada Cluster Excelia dan simulasi menggunakan software Optisystem serta menganalisis hasil perhitungan secara teori maupun melalui pengukuran dengan berdasarkan standar yang berlaku pada ITU-T G.984 dan PT. Telkom Indonesia. Parameter yang dianalisis pada penelitian ini diantaranya *power link budget*, *rise time budget*, *signal to noise ratio* (SNR), dan *bit error rate* (BER). Berdasarkan dari hasil analisis kinerja jaringan FTTH pada Cluster Excelia menunjukkan hasil yang layak sesuai dengan standar yang berlaku dan layak untuk diimplementasikan.

Kata kunci : FTTH, *Power Link Budget*, *Rise time Budget*, SNR, BER

ABSTRACT

The demand for internet access networks has significantly increased in line with the growing need for triple-play services. Cluster Excelia, a newly developed residential cluster located in Taman Banjar Wijaya, Cipondoh, Tangerang, offers a modern housing concept equipped with smart home facilities. To support the internet requirements in this cluster, the deployment of a Fiber To The Home (FTTH) access network is essential. This study presents the design of an FTTH network for Cluster Excelia, along with a simulation using Optisystem software and performance analysis based on both theoretical calculations and measurements, in accordance with ITU-T G.984 standards and PT. Telkom Indonesia's guidelines. The parameters analyzed in this research include power link budget, rise time budget, signal to noise ratio (SNR), and bit error rate (BER). The results of the FTTH network performance analysis in Cluster Excelia indicate that the system meets the required standards and is feasible for implementation.

Keywords : FTTH, Power Link Budget, Rise time Budget, SNR, BER

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN BEBAS PLAGIARISME	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR SINGKATAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. <i>Fiber optic</i>	6
2.2. <i>Bagian Fiber optic</i>	6
2.3. <i>Jenis Fiber optic</i>	7
2.4. <i>Fiber To The Home</i>	8
2.5. <i>Komponen Perangkat FTTH</i>	9
2.6. <i>Gigabit Passive Optical Network</i>	13
2.7. <i>Parameter-Parameter Kelayakan Jaringan FTTH</i>	14
2.8. <i>Lokasi Perancangan</i>	17
2.9. <i>Optisystem</i>	17
2.10. <i>Penelitian Terdahulu</i>	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	21

3.1. Metode Penelitian	21
3.2. Karakteristik Objek.....	23
3.3. Teknik Pengumpulan Data.....	25
3.4. Teknik Analisis Data	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1. Hasil Penelitian	28
4.1.1. Rancangan Jaringan FTTH pada Cluster Excelia Cipondoh	28
4.1.2. Hasil Simulasi Jaringan FTTH pada Cluster Excelia Cipondoh	54
4.1.3. Perbandingan <i>Power Link Budget</i> Berdasarkan Hasil Perhitungan, Pengukuran Lapangan dan Pengukuran Simulasi	63
4.2. Analisis Data Hasil Penelitian	64
4.2.1. Analisis Hasil Rancangan Jaringan FTTH pada Cluster Excelia Cipondoh	64
4.2.2. Analisis Hasil Simulasi Jaringan FTTH pada Cluster Excelia Cipondoh	68
4.2.3. Analisis Perbandingan <i>Power Link Budget</i> Berdasarkan Hasil Perhitungan, Pengukuran Lapangan dan Pengukuran Simulasi.....	71
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	75
5.1 Simpulan.....	75
5.2 Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN.....	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Redaman <i>Passive Spiltter</i>	12
Tabel 3. 1 Spesifikasi <i>loss</i> komponen	24
Tabel 3. 2 Komponen <i>Existing</i>	24
Tabel 3. 3 Komponen Optisystem.....	26
Tabel 3. 4 Rekomendasi kelayakan jaringan FTTH.....	27
Tabel 4. 1 Komponen yang digunakan.....	32
Tabel 4. 2 Nilai komponen yang digunakan.....	33
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran <i>Power Link Budget</i> ODP	46
Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan dan Pengukuran <i>Power Link Budget</i> ODP	53
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan dan Pengukuran <i>Power Link Budget</i> dan <i>Rise time Budget</i>	54
Tabel 4. 6 Hasil Simulasi Pengukuran <i>Power Link Budget</i> pada ODP	55
Tabel 4. 7 Hasil Simulasi Pengukuran <i>Power Link Budget</i> Pada ONT	56
Tabel 4. 8 Hasil Simulasi Pengukuran SNR.....	57
Tabel 4. 9 Hasil Perbandingan Perhitungan dan Pengukuran <i>Power Link Budget</i> ODP	63
Tabel 4. 10 Perbandingan nilai BER.....	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Tingkat Penetrasi Internet di Indonesia.....	1
Gambar 2. 1 Struktur <i>Fiber optic</i>	7
Gambar 2. 2 <i>Multimode</i> dan <i>Single mode</i>	8
Gambar 2. 3 Arsitektur Jaringan FTTH	9
Gambar 2. 4 ODP Closure.....	11
Gambar 2. 5 ODP Pole	11
Gambar 2. 6 ODP Pedestal.....	12
Gambar 2. 7 Tampilan awal Optisystem	18
Gambar 4. 1 <i>Polygon</i> area Cluster Excelia	28
Gambar 4. 2 <i>Homepass</i> Cluster Excelia.....	29
Gambar 4. 3 Desain HLD (1).....	30
Gambar 4. 4 Desain HLD (2).....	31
Gambar 4. 5 Desain LLD	32
Gambar 4. 6 Tampilan Simulasi Pada ODP-CPD-FBV/62.....	35
Gambar 4. 7 Tampilan Simulasi pada ODP-CDP-FBV/61	36
Gambar 4. 8 Tampilan Simulasi pada ODP-CDP-FBV/60	36
Gambar 4. 9 Tampilan Simulasi pada ODP-CDP-FBV/59	38
Gambar 4. 10 Pemetaan jarak STO - ODC - ODP.....	39
Gambar 4. 11 OLT.....	40
Gambar 4. 12 Rak EA dan OA.....	40
Gambar 4. 13 ODF dan FTB rak EA dan OA	41
Gambar 4. 14 ODC	41
Gambar 4. 15 ODP-CPD-FBV/59 dan ODP-CPD-FBV/60	42
Gambar 4. 16 ODP-CPD-FBV/61 dan ODP-CPD-FBV/62	42
Gambar 4. 17 ODP.....	43
Gambar 4. 18 HH-HA	43
Gambar 4. 19 Tampilan BER ODP-CPD-FBV/62 ONT terdekat.....	58
Gambar 4. 20 Tampilan BER ODP-CPD-FBV/62 ONT terjauh	59
Gambar 4. 21 Tampilan BER ODP-CPD-FBV/61 ONT terdekat.....	59

Gambar 4. 22 Tampilan BER ODP-CPD-FBV/61 ONT terjauh	60
Gambar 4. 23 Tampilan BER ODP-CPD-FBV/60 ONT terdekat.....	61
Gambar 4. 24 Tampilan BER ODP-CPD-FBV/60 ONT terjauh	61
Gambar 4. 25 Tampilan BER ODP-CPD-FBV/59 ONT terdekat.....	62
Gambar 4. 26 Tampilan BER ODP-CPD-FBV/59 ONT terjauh	63
Gambar 4. 27 Perbandingan nilai redaman ODP Cluster Excelia.....	73
Gambar 4. 28 Perbandingan nilai daya terima ODP Cluster Excelia.....	74

DAFTAR SINGKATAN

BER	<i>Bit Error Rate</i>
FTB	<i>Fiber Terminal Box</i>
FTM	<i>Fiber Termination Management</i>
FTTH	<i>Fiber To The Home</i>
GPON	<i>Gigabit Passive Optical Network</i>
ODC	<i>Optical Distribution Cabinet</i>
ODF	<i>Optical Distribution Frame</i>
ODP	<i>Optical Distribution Point</i>
OLT	<i>Optical Line Termination</i>
ONT	<i>Optical Network Termination</i>
OPM	<i>Optical Power Meter</i>
STO	Sentral Telepon Otomat
SNR	<i>Signal to Noise Ratio</i>
XGPON	<i>10- Gigabit Passive Optical Network</i>

DAFTAR PUSTAKA

- Abdellaoui, Z., Dieudonne, Y., & Aleya, A. (2021). Design, implementation and evaluation of a Fiber To The Home (FTTH) access network based on a Giga Passive Optical Network GPON. *Array*, 10, 100058. <https://doi.org/10.1016/j.array.2021.100058>
- Adhi, M. A. K., Rafdi, E. A., Halimsurya, E., Imran, M. E., Hutasuhut, M. A., Putra, A. R., & Apriono, C. (2021). Design of Fiber to the Home (FTTH) For Urban Housing of Griya Mukti Residence. *2021 International Conference on Electrical and Information Technology (IEIT)*, 257–262. <https://doi.org/10.1109/IEIT53149.2021.9587339>
- Adiati, R. F., Kusumawardhani, A., & Setijono, H. (2022). Design and Analysis of an FTTH-GPON in a Residential Area. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 8(2), 228–237. <https://doi.org/10.29303/jpft.v8i2.4233>
- Ahmad, U. A., Saputra, R. E., & Pangestu, P. Y. (2021). Perancangan Infrastruktur Jaringan Komputer Menggunakan Fiber Optic dengan Metode Network Development Life Cycle (NDLC). *e-Proceeding of Engineering*, 8(6).
- Asril, A. A., Maria, P., Lifwarda, -, Antonisfia, Y., & Hadi, R. (2023). Fiber to The Home (FTTH) Network Design with Addition of Optical Distribution Point (ODP) Using the Branching Method. *International Journal of Advanced Science Computing and Engineering*, 5(2), 95–107. <https://doi.org/10.62527/ijasce.5.2.136>
- Aulia, S., Fitri, S., & Asril, A. A. (2021). Perancangan dan Pengukuran Performansi Jaringan Fiber To The Home Dengan Teknologi Gigabit Passive Optical

- Network Menggunakan Aplikasi Optisystem di Kelurahan Surau Gadang. *JURNAL AMPLIFIER : JURNAL ILMIAH BIDANG TEKNIK ELEKTRO DAN KOMPUTER*, 11(2), 22–27.
<https://doi.org/10.33369/jamplifier.v11i2.19079>
- Dunggio, D., Asmara, B. P., & Abdussamad, S. (2021). Perancangan Jaringan Distribusi FTTH Menggunakan Teknologi GPON Di Perumahan Griya Dulomo Indah. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*.
<https://doi.org/10.37905/jjee.v3i2.10073>
- Fachri Azizi, M., & Latifa, U. (2023). Validasi ODC Dengan Tools UIM dan IXSA Pada Unit Access Optima di PT. Telkom Witel Karawang. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(2), 1008–1013.
<https://doi.org/10.36040/jati.v7i2.6607>
- Fauzi, A. (2022). Perancangan Konfigurasi FTTH Jaringan Akses Fiber Optik Dengan Optisystem Dalam Modul Praktikum Komunikasi Optik. *Indonesian Journal of Applied Informatics*, 5(2), 146.
<https://doi.org/10.20961/ijai.v5i2.45623>
- Haryanto, A. T. (2024, Januari). *APJII: Jumlah Pengguna Internet Indonesia Tembus 221 Juta Orang*. detikinet. <https://inet.detik.com/cyberlife/d-7169749/apjii-jumlah-pengguna-internet-indonesia-tembus-221-juta-orang>
- Jeffri, J. J. (2024). Analisis Power Link Budget Pada Jaringan FTTH di Kelurahan Jatirasa, Bekasi. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 12(3S1).
<https://doi.org/10.23960/jitet.v12i3S1.5247>

- Khalil, Siregar, M., & Sihombing, D. (2022). Impact of the HFC migration to FTTH on the efficiency and reliability of the internet provider services business (A case Study). *Journal of Physics: Conference Series*, 2193(1), 012055. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2193/1/012055>
- Kharisma, B. (2022). Surfing alone? The Internet and social capital: evidence from Indonesia. *Journal of Economic Structures*, 11(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s40008-022-00267-7>
- Kujatmiko, P., Ramza, H., & Fayakun, K. (2022). Studi Kelayakan Pada Jaringan Fiber To The Home (FTTH) Studi Kasus di Branch Biznet Bogor. *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*, 2502. <https://doi.org/10.22236/teknoka.v7i>
- Mahjud, I., Nirwana, H., Andhika, A., Mimsyad, M., Litha, A., Yuniarti, Y., & Halide, L. (2022). Perancangan Jaringan Fiber To The Home (FTTH) PT. Telkom Indonesia (Persero) Tbk Witel Makassar di Desa Bontomanai Bulukumba. *Jurnal Teknologi Elektroika*, 19(2), 123. <https://doi.org/10.31963/elekterika.v6i2.3803>
- Manokaran, M., & Cholan, N. A. (2024). Simulation of a GPON-Based Fiber-To-The-Home Access Network. *Evolution in Electrical and Electronic Engineering*, 5(1). <https://doi.org/10.30880/eeee.2024.05.01.072>
- Muliandhi, P., Faradiba, E. H., & Nugroho, B. A. (2020). Analisa Konfigurasi Jaringan FTTH dengan Perangkat OLT Mini untuk Layanan Indihome di PT. Telkom Akses Witel Semarang. *Elektrika*, 12(1), 7. <https://doi.org/10.26623/elektrika.v12i1.1977>

- Putri, C. (2023, Agustus 18). *Excelia—BSD City Official*.
<https://www.bsdcityofficial.id/excelia/>
- Samudro, A. W., Pamukti, B., & Mufti A, N. (2022). Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home (FTTH) Menggunakan Teknologi 10-Gigabit-Capable Passive Optical Network (X-GPON) Di Perumahan Griya Japan Raya Mojokerto. *e-Proceeding of Engineering*, 8(6).
- Satriadi, M. R., & Pramudita, R. (2021). Implementasi Pembangunan Jaringan Mini Optical Line Termination di Kawasan Babelan milik PT Telekomunikasi Indonesia. *INFORMATION MANAGEMENT FOR EDUCATORS AND PROFESSIONALS: Journal of Information Management*, 5(2), 63.
<https://doi.org/10.51211/imbi.v5i2.1554>
- Sidik, A. D., Abrianto, H., & Angga. (2024). ANALISIS REDAMAN PADA JARINGAN FIBER TO THE HOME (FTTH) BERTEKNOLOGI GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORK (GPON) DI PT. TELKOM PALMERAH. *Jurnal Cahaya Mandalika*.
<https://doi.org/10.36312/jcm.v3i3.3253>
- Suryandari, P. C. (2021). Analisis Performansi Jaringan Indihome Fiber Di Purwokerto. *Journal of Telecommunication, Electronics, and Control Engineering (JTECE)*, 2(2), 93–104.
<https://doi.org/10.20895/jtece.v2i2.112>
- Timothy Sutjipto, M., Octaviani, S., Ghozali, T., Windha Mahyastuty, V., & Kristina Yanti Hutapea, D. (2024). Perancangan Jaringan Fiber To The Home Berbasis Gigabit Passive Optical Network Di Citra Garden Puri Cluste

Denza. *Jurnal Elektro*, 16(1), 27–35.

<https://doi.org/10.25170/jurnalelektro.v16i1.5129>

Wiyana, S., & Suharjo, I. (2024). FTTH NETWORK DESIGN IN OPD RING 1 GUNUNGKIDUL DISTRICT GOVERNMENT. *Journal of Scientech Research and Development*, 6(1). <https://doi.org/10.56670/jsrd.v6i1.437>

Yasmine, T. (2024). *Perancangan Jaringan Akses Fiber To The Home (FTTH) Menggunakan Teknologi XGPON Di Jombang*. Tel-U Surabaya. <https://repository.telkomuniversity.ac.id/pustaka/209557/perancangan-jaringan-akses-fiber-to-the-home-ftth-menggunakan-teknologi-xgpon-di-jombang.html>

Yusuf, P. S. (2022). Proposed Business Strategy for IndiHome Case Study: PT Telkom Indonesia Tbk. *International Journal of Current Science Research and Review*, 05(01). <https://doi.org/10.47191/ijcsrr/V5-i1-24>

Zhafirah, F. (2020). *Analisis Perancangan Jaringan Fiber To The Home Untuk Perumahan Grand Sulawesi Menggunakan Software Simulasi Optisystem* [Universitas Hasanudin]. <https://repository.unhas.ac.id/id/eprint/1787/>