

**ANALISIS SIMULASI SISTEM NG-PON2 DENGAN KONSEP OLT TX
DAN RX MENGGUNAKAN *SEMICONDUCTOR OPTICAL AMPLIFIER*
(SOA)**

***ANALYSIS OF NG-PON2 SYSTEM SIMULATION WITH OLT TX AND RX
CONCEPT USING SEMICONDUCTOR OPTICAL AMPLIFIER (SOA)***

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi Universitas Telkom

Disusun oleh:
NAJIB ASQOLANI AKBAR
1101130256



**FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS TELKOM
BANDUNG
2017**



UNIVERSITAS TELKOM	No. Dokumen	ITT-AK-FEK-PTT-FM-004/001
Jl. Telekomunikasi No. 1 Ters. Buah Batu Bandung 40257	No. Revisi	00
FORMULIR LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	Berlaku efektif	02 Mei 2011

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS SIMULASI SISTEM NG-PON2 DENGAN KONSEP OLT TX
DAN RX MENGGUNAKAN *SEMICONDUCTOR OPTICAL AMPLIFIER*
(SOA)**

***ANALYSIS OF NG-PON2 SYSTEM SIMULATION WITH OLT TX AND RX
CONCEPT USING SEMICONDUCTOR OPTICAL AMPLIFIER (SOA)***

**Telah disetujui dan disahkan sebagai Tugas Akhir
Program S1 Teknik Telekomunikasi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung**

Disusun oleh:

**Najib Asqolani Akbar
1101130256**

**Bandung, 20 Desember 2017
Menyetujui,**

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Akhmad Hambali, M.T.
93670027-1

Brian Pamukti, S.T., M.T.
16926168-2

	UNIVERSITAS TELKOM	No. Dokumen	ITT-AK-FEK-PTT-FM-001/004
	Jl. Telekomunikasi No. 1 Ters. Buah Batu Bandung 40257	No. Revisi	00
	FORMULIR PERNYATAAN ORISINALITAS	Berlaku efektif	02 Mei 2011

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Nama : Najib Asqolani Akbar
 NIM : 1101130256
 Alamat : Jl. Cemara Raya, Komplek Cemara IV No. 27, Banjarmasin
 No. Telepon : 089691388333
 Email : najibasqolani.akbar@gmail.com

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya orisinal saya sendiri, dengan judul :

**ANALISIS SIMULASI SISTEM NG-PON2 DENGAN KONSEP OLT TX
DAN RX MENGGUNAKAN *SEMICONDUCTOR OPTICAL AMPLIFIER*
(SOA)**

***ANALYSIS OF NG-PON2 SYSTEM SIMULATION WITH OLT TX AND RX
CONCEPT USING SEMICONDUCTOR OPTICAL AMPLIFIER (SOA)***

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap kejujuran akademik atau etika keilmuan dalam karya ini, atau ditemukan bukti yang menunjukkan ketidakaslian karya ini.



Bandung, 20 Desember 2017

Najib Asqolani Akbar

1101130256

ABSTRAK

Keterbatasan *bandwidth* merupakan salah satu permasalahan pada teknologi G-PON. Pengembangan teknologi ini terus dilakukan hingga ditemukannya teknologi NG-PON2. NG-PON2 merupakan teknologi yang menggunakan *Time and Wavelength Division Multiplexing* (TWDM) sebagai solusi utamanya karena mampu meningkatkan *bandwidth* hingga 40 Gbps. Penggunaan penguat jenis *Semiconductor Optical Amplifier* (SOA) adalah salah satu pengembangan yang juga dilakukan.

Pada tugas akhir ini, dilakukan perancangan dan simulasi jaringan *bidirectional* menggunakan penguat SOA. Digunakannya empat *stacking Optical Line Termination* (OLT). Parameter sistem yang diinput adalah panjang *link* dari 55 km, 65 km, dan 75 km. Bitrate yang digunakan adalah 10 Gbps untuk *downstream* dan 2,5 Gbps untuk *upstream*. Terdapat empat *slot* keluaran kabel *feeder* yang mana masing-masing kabel *feeder* menggunakan 2 *stage passive splitter*. Jumlah *user* atau ONU yang digunakan adalah 32, 64, dan 128. Jenis penempatan penguat SOA adalah *booster amplifier* pada arah *downstream* dan *pre-amplifier* pada arah *upstream*. Parameter performansi berupa pengukuran nilai *Power Received*, OSNR, *Q-Factor*, dan BER.

Berdasarkan dari hasil simulasi, didapatkan bahwa semua nilai parameter performansi berada pada standarnya masing-masing setelah digunakan penguat SOA yaitu nilai *power received* pada -28 dBm sampai dengan -7 dBm. Sedangkan pengaruh pada OSNR adalah adanya ketidaklinieran penguatan daya sinyal dan daya *noise* pada arah *downstream* yang membuat menurunnya nilai OSNR setelah digunakannya penguat, walaupun masih berada diatas standar OSNR yaitu minimal 30 dBm. Sedangkan pengaruh pada nilai *Q-Factor* meningkatkan *Q-Factor* secara efektif yaitu di atas nilai 6 yang membuat nilai *Q-Factor* dari tiap kanal dinyatakan ideal untuk dijadikan *link* komunikasi. Sedangkan pengaruh pada nilai BER adalah sama seperti *Q-Factor*, yang membuat peningkatan dan mengangkat nilainya menjadi di atas standar untuk NG-PON2 yaitu 10^{-9} karena nilai BER mengikuti nilai *Q-Factor*-nya. Jarak terjauh yang dapat digunakan setelah menggunakan penguat SOA adalah 65 km.

Kata Kunci: Optical Line Termination (OLT), NG-PON2, Semiconductor Optical Amplifier (SOA)

ABSTRACT

Bandwidth limitation is one of the problems in G-PON technology. Development of this technology continues to be done until the discovery of NG-PON2 technology. NG-PON2 is a technology that uses Time and Wavelength Division Multiplexing (TWDM) as the main solution because it can increase bandwidth up to 40 Gbps. The use of Semiconductor Optical Amplifier (SOA) is one of the development that is also done.

In this final project, design and simulation of network bidirectional using SOA. It used four stacking Optical Line Termination (OLT). The parameter of the input system is the length of link of 35 km, 45 km, and 55 km. The bitrate used is 10 Gbps for downstream and 2.5 Gbps for upstream. There are four slot outputs of cable feeder in which each feeder cable uses 2 stage passive splitter. The number of user or ONU used is 32, 64, and 128. The type of placement of the SOA booster is the booster amplifier in the downstream direction and the pre-amplifier in the upstream direction. Performance parameters are measurements of value of Power Received, OSNR, Q-Factor, and BER.

Based on the simulation results, it is found that all values of performance parameters are in their respective standards after SOA reinforcement is used at -28 dBm to -7 dBm. The effect on Power Received is to increase the value of Power Received without using the amplifier at every length of link used. While the effect on OSNR is the non-linearity of signal strength and power noise in the direction of downstream which makes the decrease of OSNR value after use of the amplifier, although it is still above the OSNR standard of at least 30 dBm. The effect on the value of Q-Factor increases Q-Factor effectively above the value 6 which makes the Q-Factor value of each channel declared ideal for link communication. While the effect on the value of BER is the same as Q-Factor, which makes the increase and raised its value to be above the standard for NG-PON2 is 10^{-9} because the value of BER follows the Q-Factor value. The farthest distance that can be used after using the SOA reinforcement is 65 km.

Keywords:*Optical Line Termination (OLT), NG-PON2, Semiconductor Optical Amplifier (SOA)*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamin. Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul **ANALISIS SIMULASI SISTEM NG-PON2 DENGAN KONSEP OLT TX DAN RX MENGGUNAKAN SEMICONDUCTOR OPTICAL AMPLIFIER (SOA)**” sebagai persyaratan menempuh sidang Tugas Akhir pada program studi Strata 1 Teknik Telekomunikasi Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom Bandung.

Sebagaimana manusia yang tidak sempurna, penulis menyadari pada proses penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan karena keterbatasan ilmu yang dimiliki. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun dari pembaca demi memperbaiki kesalahan yang sekarang untuk masa yang akan datang.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan moril maupun materil kepada penulis. Sehingga dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada:

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala, berkat segala pertolongan, petunjuk, hikmah, dan nikmat-Nya, penulis dapat diberikan kelancaran dan kemudahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Mama, Abah, Mukhlis, dan Athiya sebagai orang tua dan adik-adik yang selalu tidak pernah berhenti mendukung dan mendo'akan selama penulis mengerjakan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Akhmad Hambali, M.T. dan Bapak Brian Pamukti, S.T., M.T. selaku pembimbing I dan pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, masukan, arahan, saran, kritikan, motivasi, keluangan waktu dan kesabarannya dalam membimbing penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Fikri, Matsna, Kaffa, dan semua sahabat kelas TT-37-06 yang telah bersama-sama saling mendukung dan berjuang dalam menempuh dan menyelesaikan pendidikan di Universitas Telkom ini.
5. Aprian, Apri, dan Tyo, selaku teman satu kosan yang selalu memberikan hiburan di saat-saat sulit.

6. Bima, Arpan, Pragnya, Rayhan, dan Valendira selaku teman satu bimbingan dan seperjuangan Tugas Akhir Fiber Optik yang telah saling memberikan informasi dalam penyelesaian Tugas Akhir.
7. Keluarga besar *House of Electra* (HECTRA), khususnya divisi Viajero, yang telah memberikan pengalaman dan kesempatan kepada penulis untuk mengembangkan dan mendewasakan diri.
8. Keluarga besar UKM Kalimantan selaku teman-teman satu daerah yang telah membantu penulis untuk menyesuaikan diri dengan kehidupan di kampus Telkom University.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih atas doa dan dukungannya. Semoga Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang memberikan balasan yang terbaik atas kebaikan yang telah rekan-rekan berikan.

Sebagai penutup, penulis memohon maaf atas segala kesalahan yang penulis lakukan selama menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandung, 20 Desember 2017

Najib Asqolani Akbar

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv

I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Metode Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
II TEORI PENUNJANG	4
2.1 <i>Next Generation Passive Optical Network stage 2 (NG-PON2)</i> . . .	4
2.2 Penguat Optik	5
2.3 <i>Optical Line Termination (OLT)</i>	6
2.4 <i>Semiconductor Optical Amplifier (SOA)</i>	7
2.4.1 Parameter Penguatan SOA	8
2.5 Parameter Performansi	8
2.5.1 <i>Q-Factor</i> [7]	9
2.5.2 <i>Bit Error Rate (BER)</i> [7]	10
2.5.3 <i>Optical Signal to Noise Ratio (OSNR)</i> [7]	10
2.5.4 <i>Power Received</i> [7]	10

III PERENCANAAN DAN SKENARIO SIMULASI SISTEM NG-PON2 DENGAN KONSEP OLT TX DAN RX MENGGUNAKAN SEMICON- DUCTOR OPTICAL AMPLIFIER	12
3.1 Diagram Alir Perencanaan Simulasi	12
3.2 Blok Sistem	14
3.2.1 <i>Optical Line Termination</i> (OLT)	15
3.2.2 <i>Optical Distribution Network</i> (ODN)	17
3.2.2.1 <i>Optical Distribution Cabinet</i> (ODC)	17
3.2.2.2 <i>Optical Distribution Point</i> (ODP)	17
3.2.2.3 Serat Optik <i>Single Mode Fiber</i> (SMF)	18
3.2.2.4 <i>Semiconductor Optical Amplifier</i> (SOA)	18
3.2.3 <i>Optical Network Unit</i> (ONU)	18
3.3 Skenario Simulasi Penelitian	20
3.4 Perhitungan Parameter Pengujian	23
3.4.1 Perhitungan <i>Power Received</i>	24
3.4.2 Perhitungan <i>Q-Factor</i>	24
3.4.3 Perhitungan BER	25
3.4.4 Perhitungan OSNR	25
IV ANALISIS HASIL SIMULASI SISTEM	26
4.1 Analisis Skenario 1 (TWDM-PON 32 ONU)	28
4.1.1 Analisis Pengaruh pada <i>Power Received</i> 32 ONU	28
4.1.2 Analisis Pengaruh pada OSNR 32 ONU	29
4.1.3 Analisis Pengaruh pada <i>Q-Factor</i> 32 ONU	31
4.1.4 Analisis Pengaruh pada BER 32 ONU	32
4.2 Analisis Skenario 2 (TWDM-PON 64 ONU)	33
4.2.1 Analisis Pengaruh pada <i>Power Received</i> 64 ONU	33
4.2.2 Analisis Pengaruh pada OSNR 64 ONU	35
4.2.3 Analisis Pengaruh pada <i>Q-Factor</i> 64 ONU	36
4.2.4 Analisis Pengaruh pada BER 64 ONU	37
4.3 Analisis Skenario 3 (TWDM-PON 128 ONU)	38
4.3.1 Analisis Pengaruh pada <i>Power Received</i> 128 ONU	39
4.3.2 Analisis Pengaruh pada OSNR 128 ONU	40
4.3.3 Analisis Pengaruh pada <i>Q-Factor</i> 128 ONU	41
4.3.4 Analisis Pengaruh pada BER 128 ONU	43
V KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Kesimpulan	45

	x
5.2 Saran	46
DAFTAR REFERENSI	47
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

2.1	Konfigurasi Umum NG-PON2[2]	5
2.2	<i>Booster Amplifier</i>	5
2.3	<i>In-Line Amplifier</i>	6
2.4	<i>Pre-Amplifier</i>	6
2.5	OLT 10 G-PON[6]	6
2.6	Rongga <i>Cavity</i> pada SOA[12]	8
2.7	Ilustrasi persamaan <i>Q-Factor</i> [13]	9
3.1	Diagram Alir Penelitian	12
3.2	Blok Sistem	14
3.3	Skenario 1 dengan 32 ONU	21
3.4	Skenario 2 dengan 64 ONU	22
3.5	Skenario 3 dengan 128 ONU	23
4.1	Blok Sistem	26
4.2	Layout Simulasi TWDM-PON (NG-PON2) pada <i>Optisystem 7.0</i>	27
4.3	<i>Average Power Received</i> 32 ONU - <i>Downstream</i>	28
4.4	<i>Average Power Received</i> 32 ONU - <i>Upstream</i>	29
4.5	OSNR 32 ONU - <i>Downstream</i>	29
4.6	OSNR 32 ONU - <i>Upstream</i>	30
4.7	<i>Q-Factor</i> 32 ONU - <i>Downstream</i>	31
4.8	<i>Q-Factor</i> 32 ONU - <i>Upstream</i>	32
4.9	<i>Average BER</i> 32 ONU - <i>Downstream</i>	32
4.10	<i>Average BER</i> 32 ONU - <i>Upstream</i>	33
4.11	<i>Average Power Received</i> 64 ONU - <i>Upstream</i>	34
4.12	<i>Average Power Received</i> 64 ONU - <i>Upstream</i>	34
4.13	OSNR 64 ONU - <i>Downstream</i>	35
4.14	OSNR 64 ONU - <i>Upstream</i>	36
4.15	<i>Q-Factor</i> 64 ONU - <i>Downstream</i>	36
4.16	<i>Q-Factor</i> 64 ONU - <i>Upstream</i>	37
4.17	<i>Average BER</i> 64 ONU - <i>Downstream</i>	38
4.18	<i>Average BER</i> 64 ONU - <i>Upstream</i>	38
4.19	<i>Average Power Received</i> 128 ONU - <i>Downstream</i>	39

4.20	<i>Average Power Received 128 ONU - Upstream</i>	40
4.21	<i>OSNR 128 ONU - Downstream</i>	40
4.22	<i>OSNR 128 ONU - Upstream</i>	41
4.23	<i>Q-Factor 128 ONU - Downstream</i>	42
4.24	<i>Q-Factor 128 ONU - Upstream</i>	42
4.25	<i>Average BER 128 ONU - Downstream</i>	43
4.26	<i>Average BER 128 ONU - Upstream</i>	44

DAFTAR TABEL

3.1	TWDM-PON line rate option [3][14]	13
3.2	<i>Optical interface</i> parameter dari 9.95328 Gbps arah <i>downstream</i> dan 2.48832 Gbps arah <i>upstream</i> pada OLT[3][14]	15
3.3	Parameter <i>Optical Line Termination</i>	16
3.4	<i>Wavelength High Channel AWG specification</i> [13]	16
3.5	<i>CW Laser specification</i> [13]	16
3.6	<i>Singlemode splitter spesification</i> [13]	17
3.7	Parameter ITU-T G.652.C[8]	18
3.8	<i>SOA Specification</i> [9]	18
3.9	<i>Optical interface</i> parameter dari 9.95328 Gbps arah <i>downstream</i> dan 2.48832 Gbps arah <i>upstream</i> pada ONU[3][14]	19
3.10	Parameter <i>Optical Network Unit</i> (ONU)	20
3.11	Skenario Simulasi Penelitian	20

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A: Hasil Simulasi *Downstream*

Lampiran B: Hasil Simulasi *Upstream*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dunia telekomunikasi dan informasi merupakan salah satu aspek penting yang terus dikembangkan hingga saat ini. Tidak dapat dipungkiri bahwa kebutuhan manusia akan kecepatan dan kehandalan layanan telekomunikasi semakin tinggi. Oleh karena itu, pengembangan teknologi terus dilakukan dari pengembangan sistem hingga pengembangan infrastruktur guna mendukung perkembangan di dunia digital. Salah satu infrastruktur yang terus dikembangkan untuk mendukung hal tersebut adalah serat optik.

Serat optik merupakan elemen pendukung utama teknologi *Passive Optical Network* (PON). Teknologi PON sendiri telah banyak dikembangkan. Mulai dari A/BPON, G-PON, GE-PON, XG-PON/NG-PON1 dan NG-PON2. NG-PON2 menggunakan teknologi *Time and Wavelength Division Multiplexing* (TWDM) sebagai solusi utamanya karena mampu meningkatkan *bandwidth* hingga 40 Gb/s. TWDM terpilih sebagai solusi utama NG-PON2 pada 2012 dalam pertemuan yang diadakan *The Full Service Access Network* (FSAN)[1]. Sehingga hingga saat ini NG-PON2 juga dikenal sebagai TWDM-PON.

Menurut penelitian R. Bonk, H. Schmuck, W. Poehlmann, dan T. Pfeiffer, menyebutkan bahwa teknologi NG-PON2 dapat ditingkatkan kinerjanya dengan menggunakan penguat jenis *Semiconductor Optical Amplifier* (SOA) pada sisi *Optical Line Terminal* (OLT), baik pada sisi OLT-Tx (sisi kirim) maupun OLT-Rx (sisi terima). Di antara dua buah konfigurasi OLT-Tx dan tiga buah konfigurasi OLT-Rx, didapatkan masing-masing satu konfigurasi terbaik dari tiap sisi OLT[2]. Penguat SOA di pilih oleh peneliti sebelumnya dikarenakan SOA memiliki potensi yang besar dalam kemampuan/ketersediaannya pada semua *range wavelength*, *gain* pita frekuensi-nya yang besar, serta kemampuannya untuk diintegrasikan dengan *transceiver* dan komponen-komponen *filter*[2].

Dalam penelitian tugas akhir ini, dilakukan simulasi dan analisis pengaruh panjang *link* dan jumlah *user* pada NG-PON2 (TWDM-PON) di sisi OLT dengan menggunakan SOA sebagai penguatnya. Hal ini bertujuan agar didapatkannya jarak terjauh dari OLT ke ONU dari beberapa skenario yang dilakukan, sehingga OLT dari sistem NG-PON2 dapat terus dikembangkan menjadi teknologi yang lebih

bermanfaat.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan dari latar belakang, didapatkan beberapa masalah yang terjadi. Oleh karena itu dapat dirumuskan beberapa masalah dalam Tugas Akhir ini, diantaranya:

1. Mensimulasikan teknologi *Next Generation Passive Optical Network stage 2* (NG-PON2) yang menggunakan penguat *Semiconductor Optical Amplifier* (SOA).
2. Menganalisa pengaruh panjang *link* terhadap BER, *Q-Factor*, *Power Received*, dan OSNR.
3. Menganalisa pengaruh jumlah *user* terhadap BER, *Q-Factor*, *Power Received*, dan OSNR.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang dibahas dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software Optisystem 7.0*.
2. Simulasi dan analisis yang dilakukan hanya pada skema SOA tanpa membahas perangkat lebih mendalam.
3. Menggunakan empat kanal TWDM pada OLT dengan panjang gelombang sesuai dengan standar ITU-T G.989.2.
4. Pengaruh lingkungan sekitar OLT dan ONU diabaikan.
5. Tidak membahas mendalam mengenai efek non-linier yang terjadi pada sistem.
6. Pengujian hanya dilihat pada *Power Budget* tanpa melihat pada *rise time*.

1.4 Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui batas jarak maksimal teknologi NG-PON2 (TWDM-PON) dari sisi OLT ke sisi ONU yang menggunakan penguat SOA dan menganalisis kinerjanya dengan membandingkan BER, *Q-Factor*, *Power Received*, dan OSNR dengan standarnya masing-masing yang menggunakan panjang *link* dan jumlah *user* sebagai parameter ujinya.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah simulasi dan analisa komputasi arsitektur jaringan NG-PON2 yang menggunakan penguat SOA dan membandingkan pengaruh penguat SOA tersebut terhadap performansi sistem.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan untuk memudahkan pembahasan permasalahan-permasalahan yang terdapat dalam Tugas Akhir ini adalah:

- **BAB II TEORI PENUNJANG**

Berisi mengenai teori dasar serta materi pendukung dalam pembuatan Tugas Akhir seperti karakteristik, standarisasi, hingga komponen yang digunakan pada jaringan NG-PON2

- **BAB III PERENCANAAN DAN SKENARIO SIMULASI SISTEM NG-PON2 DENGAN KONSEP OLT TX DAN RX MENGGUNAKAN SEMI-CONDUCTOR OPTICAL AMPLIFIER**

Berisi penjelasan dan uraian perancangan sistem dan diagram alir yang digunakan serta skenario penelitian yang dilakukan sesuai masalah yang diangkat.

- **BAB IV ANALISIS HASIL SIMULASI SISTEM**

Berisi hasil simulasi dan analisa pada pengaruh dari penguat SOA yang telah diterapkan pada sistem. Hasil analisa penelitian berupa grafik, kurva, tabel, dan deskripsi dari hasil simulasi.

- **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian Tugas Akhir serta saran untuk pengembangan lebih lanjut.