PERFORMANSI SISTEM OFDM MENGGUNAKAN FORMAT MODULASI DQPSK PADA SISTEM ISOWC

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Jurusan Teknik Elektro

oleh :

MUHAMMAD IQBAL

11455105226

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2020

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSETUJUAN

PERFORMANSI SISTEM OFDM MENGGUNAKAN FORMAT MODULASI DQPSK PADA SISTEM ISOWC

TUGAS AKHIR

oleh:

MUHAMMAD IQBAL
11455105226

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 24 Juli 2020

Ketua Jurusan	Pembimbing
Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom	**Rika Susanti, ST., M.Eng**
NIP. 19750922 200912 2 002	**NIP. 19770731 200710 2 003**

Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN

PERFORMANSI SISTEM OFDM MENGGUNAKAN FORMAT MODULASI DQPSK PADA SISTEM ISOWC

TUGAS AKHIR

oleh:

MUHAMMAD IQBAL
11455105226

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 24 Juli 2020

Pekanbaru, 24 Juli 2020

Mengesahkan,

Dekan	Ketua Jurusan
Drs. Ahmad Darmawi., M.Ag	**Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom**
NIP. 19660604 199203 1 004	**NIP. 19750922 200912 2 002**

DEWAN PENGUJI :

Ketua : **Agus Firdaus Chandra, Lc., MA**

Pembimbing : **Rika Susanti, ST., M.Eng**

Penguji I : **Dr. Teddy Purnamirza, ST., M.Eng**

Penguji II : **Hasdi Radiles, ST., MT**

UIN SUSKA RIAU

LEMBAR HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa didalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 24 Juli 2020

Yang membuat pernyataan,

Muhammad Iqbal

NIM. 11455105226

UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur diucapkan kehadirat Allah SWT yang selalu memberikan nikmat, rahmat, dan karunia-Nya sehingga saya masih diberi kesempatan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat serta salam tak lupa pula saya ucapkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah mengajarkan kita sebagai umatnya akan pentingnya menuntut ilmu dan beribadah dalam mencari ridha Allah SWT untuk keselamatan dunia dan akhirat.

Saya persembahkan karya ilmiah ini kepada seluruh keluarga besar penulis, terutama teruntuk Bapak dan Ibuku tercinta yang telah memberikan kesempatan, kepercayaan dan dukungan yang tak terhitung nilainya demi masa depan anakmu ini dalam menempuh pendidikan yang lebih tinggi dan menggapai cita-cita. Karya ilmiah ini mungkin menjadi salah satu hadiah terindah yang anakmu berikan kepadamu bapak dan ibu dan menjadi penghibur hati kita semua. Karya ilmiah ini akan menjadi langkah awal keberhasilan dan perjuangan anakmu demi menggapai cita-cita dan masa depan yang lebih baik dan tetap berpegang teguh pada ajaran agama dan nasehat yang engkau berikan kepada anakmu ini. Rasa terima kasih yang sangat dalam saya ucapkan kepadamu bapak dan ibu, kakakku, keluaraga besarku, dan rekan-rekan seperjuangan semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian semua dengan pahala yang berlipat ganda dan kebaikan yang lebih baik lagi.

UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

PERFORMANSI SISTEM OFDM MENGGUNAKAN FORMAT MODULASI DQPSK PADA SISTEM ISOWC

MUHAMMAD IQBAL

11455105226

Tanggal Sidang: 24 Juli 2020

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas KM 15 No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Inter Satelitte Optical Wireless Communication (ISOWC) memiliki peran penting dalam mentransmisikan data antar satelit. Dengan menerapkan *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) pada sistem ISOWC, dapat meningkatkan jarak transmisi. Penggunaan modulasi *Differential Quadrature Phase Shift Key* (DQPSK) pada sistem ISOWC mampu meningkatkan bitrate sistem. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui performansi modulasi DQPSK dalam meningkatkan performansi pada sistem OFDM-ISOWC. *Constellations* diagram, *Bit Error Rate* (BER) dan *Q-Factor* merupakan parameter verifikasi pada model sistem yang digunakan untuk menentukan kualitas performansi dari sistem komunikasi ISOWC-DQPSK. Penggunaan panjang gelombnag 850 nm lebih baik dari pada panjang gelombang 1550 nm, dimana 40 Gbps data berhasil ditransmisikan hingga jarak 25000 km.

Kata Kunci: ISOWC, DQPSK, OFDM.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

PERFORMANCE OFDM SYSTEM USING DQPSK MODULATION FORMAT IN ISOWC SYSTEM

MUHAMMAD IQBAL

11455105226

Date of final exam: 24 *July* 2020

Department of Electrical Engineering
Faculty of Science and Technology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Soebrantas St. No. 155 Pekanbaru – Indonesia

ABSTRACT

Inter Satelitte Optical Wireless Communication (ISOWC) has an important role in transmitting data between satellites. By applying Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) to the ISOWC system, it can increase the transmission distance. The use of Differential Quadrature Phase Shift Key (DQPSK) modulation on ISOWC systems can increase the system bitrate. This research was conducted to determine the DQPSK modulation performance in improving the performance of OFDM-ISOWC systems. Constellations diagrams, Bit Error Rate (BER) and Q-Factor are verification parameters in the system model used to determine the performance quality of the ISOWC-DQPSK communication system. The use of 850 nm wave length is better than the 1550 nm wavelength, where 40 Gbps data is successfully transmitted to a distance of 25000 km.

Key words: *ISOWC, DQPSK, OFDM.*

UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Dengan Mengucap puji dan syukur kehadirat Allah SWT, yang telah mencurahkan rahmat, nikmat dan hidayah-Nya kepada penulis. Shalawat beriring salam buat junjungan kita Nabi Muhammad SAW, sebagai seorang sosok pemimpin dan tauladan bagi seluruh umat di dunia yang patut dicontoh dan diteladani. Atas ridho Allah SWT penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul "Performansi Sistem OFDM Menggunakan Format Modulasi DQPSK pada Sistem ISOWC".

Maksud dan tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk memenuhi persyaratan kelulusan program Studi Strata I pada Jurusan Teknik Elektro di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Penulis menyadari bahwa dalam menyusun tugasan akhir ini masih menemui beberapa kesulitan dan hambatan, disamping itu juga menyadari bahwa penulisan laporan ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan-kekurangan lainnya, maka dari itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak.

Oleh karena itu pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang membantu dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Diantara lain :

1. Ayah, Ibu dan keluarga penulis yang telah mendukung agar penulis dapat menjalankan kuliah ini dengan semangat, serta doa yang selalu diberikan.
2. Bapak Prof. Dr. Suyitno, M.Ag selaku PLT Rektor UIN SUSKA Riau.
3. Bapak Drs. Ahmad Darmawi., M.Ag. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh Pembantu Dekan, Staf dan Jajarannya.
4. Ibu Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom. selaku ketua jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau yang telah membuat proses administrasi menjadi lebih efektif sehingga penulis lebih mudah dalam melengkapi berkas-berkas untuk Tugas Akhir dan pengalaman-pengalaman luar biasa beliau yang penulis rasakan.
5. Ibu Rika Susanti, ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu serta pemikirannya dengan ikhlas dalam memberikan penjelasan dan masukan yang sangat berguna sehingga penulis menjadi lebih mengerti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

6. Bapak Dr. Teddy Purnamirza, ST., M.Eng. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan masukan dan ide dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Hasdi Radiles, ST., MT. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan dan ide dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini.
8. Bapak Ahmad Faizal, ST., MT. selaku koordinator Tugas Akhir yang telah banyak membantu penulis.
9. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan dan curahan ilmu kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Bapak dan Ibuku tersayang (Eri Ernita dan M.Yusuf) yang selalu mendukung dan memberikan semangatnya kepada peneliti. Kakak tercinta Dini Adelia, yang telah banyak memberikan *support*, dukungan dan motivasi yang tak terhingga kepada peneliti, memberikan dukungan serta motivasi yang tiada henti.
11. Seluruh teman-teman telekomunitas, terimakasih atas do'a, semangat, dorongan dan bantuannya sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2014, Asmardi Rasydi, Retno Handayani, Ismawardi, Dedi Kurniawan, Angga Kurniawan dll, kakak-kakak tingkat serta adik-adik tingkat yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Terimakasih atas dukungan, kerjasama dan pengorbanan yang telah diberikan kepada penulis selama ini.

Semoga bantuan yang telah diberikan baik moril maupun materil mendapat balasan pahala dari Allah SWT, dan sebuah harapan dari penulis semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca semua pada umumnya.

Semua kekurangan hanya datang dari penulis dan kesempurnaan hanya milik Allah SWT, hal ini yang membuat penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan kemampuan, pengalaman, dan pengetahuan penulis. Untuk itu penulis mengharap kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat positif dan membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Pekanbaru, 24 Juli 2020

Penulis

UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PERSETUJUAN ii
LEMBAR PENGESAHAN iii
LEMBAR HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL iv
LEMBAR PERNYATAAN v
LEMBAR PERSEMBAHAN vi
ABSTRAK vii
ABSTRACT viii
KATA PENGANTAR ix
DAFTAR ISI xi
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR TABEL xv
DAFTAR RUMUS xvi
DAFTAR SINGKATAN xvii
DAFTAR LAMPIRAN xviii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang I-1
1.2 Rumusan Masalah I-3
1.3 Tujuan Penelitian I-3
1.4 Batasan Masalah I-3
1.5 Manfaat Penelitian I-3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait II-1
2.2 *Intersatellite Link* II-2
2.3 *Inter Satellite Optical Wireless Communication* (ISOWC) II-3
2.4 *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) II-4
2.5 *Differential Quadrature Phase Shift Key* (DQPSK) II-5
2.6 *Optisystem Software* II-5

UIN SUSKA RIAU

2.7 Parameter Kelayakan Hasil Penelitian II-6
2.7.1 *Bit Error Rate* (BER) II-6
2.7.2 *Quality Factor* (Q-Faktor) II-6
2.7.3 *Power Budget* II-6

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian III-1
3.2 Prosedur Penelitian III-1
3.3 Pemodelan Sistem III-4
3.3.1 Model Sistem OFDM-ISOWC dengan Modulasi DQPSK pada sisi *Transmitter* III-4
3.3.2 Model Sistem OFDM-ISOWC dengan Modulasi DQPSK pada sisi Kanal III-4
3.3.3 Model Sistem OFDM-ISOWC dengan Modulasi DQPSK pada sisi *Receiver* III-5
3.4 *Setting* Parameter Sistem III-6
3.5 Proses Simulasi Model Sistem III-8
3.5.1 Penentuan Jarak Transmisi Maksimum III-9
3.5.2 Menghitung *Power Budget* III-9
3.6 Metoda Analisa dalam Penarikan Kesimpulan III-10

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Verifikasi Model Sistem IV-1
4.2 Jarak Transmisi Maksimum pada Sistem OFDM-ISOWC Menggunakan Modulasi DQPSK di Panjang Gelombang 850 nm dan 1550 nm . IV-3
4.3 Jarak Transmisi Maksimum Sistem OFDM-ISOWC Menggunakan Modulasi DQPSK pada Bitrate 10 Gbps, 20 Gbps dan 40 Gbps IV-10

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

UIN SUSKA RIAU
© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
Statesislamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR GAMBAR

Gambar **Halaman**

Gambar 2.1. *Intersatellite Optical Link* antara Artemis dan SPOT-4 ..... II-3

Gambar 2.2. Blok Diagram Sistem Dasar ISOWC II-4

Gambar 2.3. Gambar Spektrum OFDM II-4

Gambar 2.4 Model Sistem Modulasi DQPSK II-5

Gambar 3.1 Alur Tahapan Penelitian III-3

Gambar 3.2 Model Sistem OFDM-ISOWC dengan Modulasi DQPSK pada sisi *Transmitter* III-4

Gambar 3.3 Model Sistem OFDM-ISOWC dengan Modulasi DQPSK pada sisi Kanal III-5

Gambar 3.4 Model Sistem OFDM-ISOWC dengan Modulasi DQPSK pada sisi *Receiver* III-5

Gambar 3.5 Model Sistem OFDM-ISOWC dengan Modulasi DQPSK III-6

Gambar 3.6 Penentuan Jarak Transmisi Maksimum III-9

Gambar 4.1 (a) *Constellations* Diagram pada Model Sistem OFDM-ISOWC menggunakan modulasi DQPSK di panjang Gelombang 850 nm
(b) *Constellations* Diagram pada Model Sistem OFDM-ISOWC menggunakan modulasi DQPSK di panjang Gelombang 1550 nm..... IV-2

Gambar 4.2 (a) *eye pattern* pada Model Sistem OFDM-ISOWC menggunakan modulasi DQPSK di panjang Gelombang 850 nm
(b) *eye pattern* pada Model Sistem OFDM-ISOWC menggunakan modulasi DQPSK di panjang Gelombang 1550 nm IV-2

Gambar 4.3 Grafik Jarak Transmisi Sistem OFDM-ISOWC Menggunakan Modulasi DQPSK di panjang gelombang 850 nm pada *Bitrate* 10 Gbps IV-5

Gambar 4.4 Grafik Jarak Transmisi Sistem OFDM-ISOWC Menggunakan Modulasi DQPSK di panjang gelombang 1550 nm pada *Bitrate* 10 Gbps IV-5

Gambar 4.5 Grafik Jarak Transmisi Sistem OFDM-ISOWC Menggunakan

Modulasi DQPSK di panjang gelombang 850 nm pada *Bitrate* 20 Gbps IV-7

Gambar 4.6 Grafik Jarak Transmisi Sistem OFDM-ISOWC Menggunakan Modulasi DQPSK di panjang gelombang 1550 nm pada *Bitrate* 20 Gbps IV-7

Gambar 4.7 Grafik Jarak Transmisi Sistem OFDM-ISOWC Menggunakan Modulasi DQPSK di panjang gelombang 850 nm pada *Bitrate* 40 Gbps IV-9

Gambar 4.8 Gambar 4.8 Grafik Jarak Transmisi Sistem OFDM-ISOWC Menggunakan Modulasi DQPSK di panjang gelombang 1550 nm pada *Bitrate* 40 Gbps..... IV-9

Gambar 4.9 Grafik Jarak Transmisi Sistem OFDM-ISOWC Menggunakan Modulasi DQPSK pada *Bitrate* 10 Gbps, 20 Gbps dan 40 Gbps di panjang gelombang 850 nm IV-11

Gambar 4.10 Grafik Jarak Transmisi Sistem OFDM-ISOWC Menggunakan Modulasi DQPSK pada *Bitrate* 10 Gbps, 20 Gbps dan 40 Gbps di panjang gelombang 1550 nm IV-13

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

UIN SUSKA RIAU

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR TABEL

Tabel **Halaman**

Tabel 3.1 Parameter PRBS III-6
Table 3.2 Parameter CW LASER III-7
Tabel 3.3 Parameter OFDM III-7
Table 3.4 Parameter OWC *channel* III-7
Table 3.5 Parameter *Photodetector* PIN III-8
Table 4.1 Rekap Jarak Transmisi Maksimum Sistem OFDM-ISOWC Menggunakan Modulasi DQPSK IV-10
Tabel 4.2 *Power Budget* IV-11

UIN SUSKA RIAU

DAFTAR RUMUS

Rumus **Halaman**

Rumus

Rumus 2.1 *Power Budget* II-7

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR SINGKATAN

OWC	: *Optical Wireless Communication*
ISOWC	: *Inter Satelitte Optical Wireless Communication*
BER	: *Bit Error Rate*
DWDM	: Teknik *Dense Wavelength Division Multiplexing*
MDM	: *Mode Division Multiplexing*
OFDM	: *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*
Q-Faktor	: *Quality Factor*
SNR	: *Signal to Noise Ratio*
TDRSS	: *Tracking and Data Relay Satellite System*
NASA	: *National American Space Agency*
ESA	: *European Space Agency*
ICI	: *inter-carrier interference*
DQPSK	: *Differential Phase Shift Key*
PRBS	: *Pseudo Random Bit Sequence*
FTT	: *Fast Fourier Transform*
SOA	: *Semiconductor Optical Amplifiers*

UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran **Halaman**

A Performansi Sistem OFDM-ISOWC Menggunakan Modulasi DQPSK pada *Bitrate* 10 Gbps A-1
B Performansi Sistem OFDM-ISOWC Menggunakan Modulasi DQPSK pada *Bitrate* 20 Gbps B-1
C Performansi Sistem OFDM-ISOWC Menggunakan Modulasi DQPSK pada *Bitrate* 40 Gbps C-1
D Performansi Sistem OFDM-ISOWC Menggunakan Modulasi DQPSK pada panjang gelombang 850 nm D-1
E Performansi Sistem OFDM-ISOWC Menggunakan Modulasi DQPSK pada panjang gelombang 1550 nm D-1

UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan berkembangnya teknologi komunikasi *wireless* khususnya di bidang telekomunikasi yang semakin hari semakin meningkat, terutama pada permintaan penyediaan layanan komunikasi jarak jauh (*long Haul*) [1], menuntut tersedianya sistem komunikasi *wireless* yang mampu memenuhi kebutuhan konsumen dalam hal kualitas dan kuantitas jaringan. Sistem komunikasi *wireless* memiliki kelemahan yaitu rentan terhadap interferensi. Oleh karena itu, dibutuhkan teknologi yang mampu menyediakan kecepatan transmisi yang tinggi dan tahan terhadap interferensi. Salah satu teknologi yang mampu menyediakan kecepatan transmisi yang tinggi dan tahan terhadap interferensi adalah sistem *Optical Wireless Communication* (OWC) [2].

Sistem OWC memiliki kelebihan yaitu memiliki *bandwidth* yang besar, *loss* yang kecil, dan dapat mentransmisikan data dengan *bit rate* yang tinggi [3]. Sistem OWC berpotensi diterapkan pada beberapa area aplikasi, salah satunya adalah *Ultra long range OWC Applications* yaitu untuk komunikasi antar satelit seperti *Inter Satelitte Optical Wireless Communication* (ISOWC) [4]. ISOWC adalah *hybrid* teknologi dari sistem OWC dengan memanfaatkan teknologi komunikasi *wireless* dan optik untuk melakukan pertukaran informasi melalui satelit agar menghasilkan *bandwidth* yang tinggi, daya yang kecil, *loss* yang kecil dan *low cost* untuk sistem komunikasi jarak jauh (*Long Haul*) [2]. Hal ini menghasilkan tingginya kecepatan data yang dikirim hingga jarak ribuan kilometer [2].

Beberapa tahun terakhir, ISOWC merupakan topik penelitian yang banyak diteliti dan perkembangannya sangat pesat. Penelitian tentang performansi sistem ISOWC telah dilakukan, yang mana sistem tersebut mampu memberikan performa yang baik hingga jarak 1700 km dengan bitrate 3 Gbps [5]. Teknik *multiplexing* perlu diterapkan dalam sistem ISOWC untuk mencapai kecepatan data yang tinggi dengan *Bit Error Rate* (BER) yang kecil [6]. Beberapa penelitian terkait implementasi teknik *multiplexing* pada sistem ISOWC telah dilakukan. Teknik *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM) 32

kanal diintegrasikan pada sistem ISOWC, dimana dengan *hybrid* sistem tersebut mampu menghasilkan *bitrate* 10 Gbps dengan jarak 5000 km [7].

Penelitian [8] menerapkan teknik *Mode Division Multiplexing* (MDM) pada sistem ISOWC. Pada penelitian tersebut dilakukan analisis perbandingan sistem MDM-ISOWC dengan menggunakan modulasi Manchester, DPSK, dan DQPSK. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa sistem MDM-ISOWC dengan modulasi DQPSK mampu memberikan performa yang lebih baik dibandingkan dengan modulasi Manchester dan DPSK. Pada sistem MDM-ISOWC, modulasi Manchester tidak disarankan untuk sistem tersebut, modulasi DPSK hanya mampu mencapai jarak 1700 km dengan *bitrate* 10 Gbps, sementara modulasi DQPSK dapat memberikan performa yang baik hingga jarak 2500 km dengan *bitrate* 40 Gbps [8].

Pada penelitian lain, telah dilakukan *hybrid* sistem ISOWC menggunakan teknik *multiplexing* yang berbeda, yaitu *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM). Sistsem OFDM-ISOWC pada penelitian tersebut menggunakan modulasi DPSK, dimana sistem tersebut mampu memberikan performa yang baik hingga jarak 20.000 km dengan *bitrate* 10 Gbps [6]. Jika dibandingkan dengan penelitian yang menerapkan teknik *multiplexing* DWDM dan MDM, implementasi OFDM pada sistem ISOWC dengan modulasi DPSK mampu memberikan jarak transmisi hingga lebih dari 4 kali lipat penelitian sebelumnya. Berdasarkan penelitian [8], modulasi DQPSK terbukti mampu meningkatkan *bitrate* sistem. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk melakukan analisis performansi sistem OFDM-ISOWC dengan menggunakan modulasi DQPSK. Dari analisis ini nantinya akan diketahui berapa jarak transmisi dan *bitrate* maksimum sistem dengan menganalisis unjuk kerja performansi berdasarkan BER (10^{-12}) [14] dan *Quality Factor* (Q-Faktor). Berdasarkan penelitian [8], penulis mengambil hipotesa bahwa sistem OFDM-ISOWC dengan modulasi DQPSK ini nantinya akan mampu memberikan performa yang baik hingga lebih dari 20.000 km dan *bitrate* lebih dari 10 Gbps. Penelitian ini perlu dilakukan, karena dengan semakin jauhnya jarak transmisi dan semakin tingginya *bitrate* sistem, maka jarak antar satelit yang satu dengan satelit lainnya bisa lebih jauh dan kecepatan transmisinya menjadi lebih tinggi. Pada penelitian ini juga akan dihitung *Power Link Budget* untuk model sistem OFDM-ISOWC mengunakan modulasi DQPSK.

UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

2.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana performansi sistem OFDM-ISOWC menggunakan modulasi DQPSK dan berapa *Bit Rate* maksimum, jarak transmisi maksimum yang dapat dicapai oleh sistem tersebut.

2.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui performansi modulasi DQPSK dalam meningkatkan performansi sistem OFDM-ISOWC dengan menganalisis unjuk kerja berdasarkan performansi BER, Q-Faktor, dan *Power Link Budget*.

2.4 Batasan Masalah

Agar penulisan ini lebih terarah dan tujuan yang diharapkan tercapai, maka ditetapkan batasan-batasan masalah yang akan diteliti, yaitu :

1. *Bit Rate* yang digunakan 10, 20, dan 40 Gbps.
2. Daya *input* yang digunakan -4 dBm
3. Panjang Gelombang yang digunakan 850 nm dan 1550 nm.
4. Number of subcarrier = 512
5. Number of FFT Point = 1024
6. *Additional Losses* = 2.5 dB
7. Pemodelan sistem dan simulasi menggunakan *Software Optisystem 14*.

2.5 Manfaat Penelitian

Dengan menerapkan modulasi DQPSK (yang dapat meningkatkan *bitrate* dan jarak transmisi) dengan *multiplexing* OFDM (yang mampu memberikan jarak transmisi hingga lebih dari 4 kali lipat penelitian sebelumnya), kemungkinan besar jarak transmisi sistem ISOWC dapat melebihi 20.000 km dan *bitrate* lebih dari 10 Gbps, sehingga jarak antar satelit yang satu dengan satelit lainnya bisa lebih jauh dan kecepatan transmisinya menjadi lebih tinggi.

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB II
PENELITIAN TERKAIT

2.1 Penelitian Terkait

Sistem *Optical Wireless Communication* (OWC) adalah salah satu teknologi optik yang memanfaatkan komunikasi *Wireless* dan mampu menyediakan kecepatan transmisi yang tinggi dan tahan terhadap interferensi [2]. Sistem OWC digunakan untuk meningkatkan *bandwidth*, memperkecil *loss*, dan dapat mentransmisikan *bit rate* yang tinggi [3]. Sistem OWC berpotensi diterapkan pada beberapa area aplikasi diantaranya adalah *Ultra long range OWC Applications* yaitu untuk komunikasi antar satelit seperti *Inter Satelitte Optical Wireless Communication* (ISOWC) [4]. ISOWC adalah *hybrid* teknologi dari sistem OWC dengan memanfaatkan teknologi komunikasi *wireless* dan optik untuk melakukan pertukaran informasi melalui satelit agar menghasilkan *bandwidth* yang tinggi, daya yang kecil, *loss* yang kecil dan *low cost* untuk sistem komunikasi jarak jauh (*Long Haul*) [2]. Hal ini menghasilkan tingginya kecepatan data yang dikirim hingga jarak ribuan kilometer [3].

Dalam hal ini penelitian terkait mengenai sistem ISOWC tanpa menggunakan *multiplexing* telah dilakukan dengan capaian jarak transmisi sejauh 1700 km dengan bit rate sebesar 3 Gbps pada panjang gelombang 980 nm dengan menggunakan modulasi RZ dan NRZ. Penelitian tersebut memberikan performa yang baik hingga jarak 1700 km dengan *bit rate* 3 Gbps pada panjang gelombang 980 nm. Dari penelitian tersebut diperoleh bahwa pada sistem ISOWC, modulasi NRZ mempunyai performa yang lebih baik dari pada RZ [5].

Teknik *multiplexing* digunakan dalam sistem ISOWC untuk mencapai kecepatan data yang tinggi dengan *Bit Error Rate* (BER) yang kecil [6]. Setelah dilakukan beberapa penelitian terdahulu untuk sistem ISOWC tanpa menggunakan *multiplexing*, kemudian dilakukan integrasi pada sistem tersebut. Pada sistem ISOWC dikombinasikan dengan sistem *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM). penelitian dengan mensimulasikan sistem DWDM 32 kanal dengan daya input yang berbeda-beda pada

panjang gelombang 1550 nm dan bit rate 10 Gbps menggunakan modulasi NRZ dan RZ. Sistem tersebut dapat mencapai 5000 km [7].

Penelitian menggunakan *Mode Division Multiplexing* (MDM) dengan membandingkan modulasi Manchester, DPSK dan DQPSK di jarak yang berbeda dari 750 - 3750 km dan *bit rate* 10 Gbps, 20 Gbps, dan 40 Gbps. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa sistem MDM-ISOWC dengan modulasi DQPSK mampu memberikan jarak yang lebih jauh hingga 2500 km dibandingkan modulasi DPSK dan Manchester pada *bit rate* 10 Gbps, 20 Gbps, dan 40 Gbps. kinerja terbaik atas dasar *Quality Factor* (Q-Faktor) dan *BER* minimum telah dicapai oleh DQPSK dan Q-Faktor terendah dicapai oleh modulasi Manchester. Dimana Q-Faktor terbaik dicapai pada 10 Gbps dan Q-Faktor terburuk pada 40 Gbps [8].

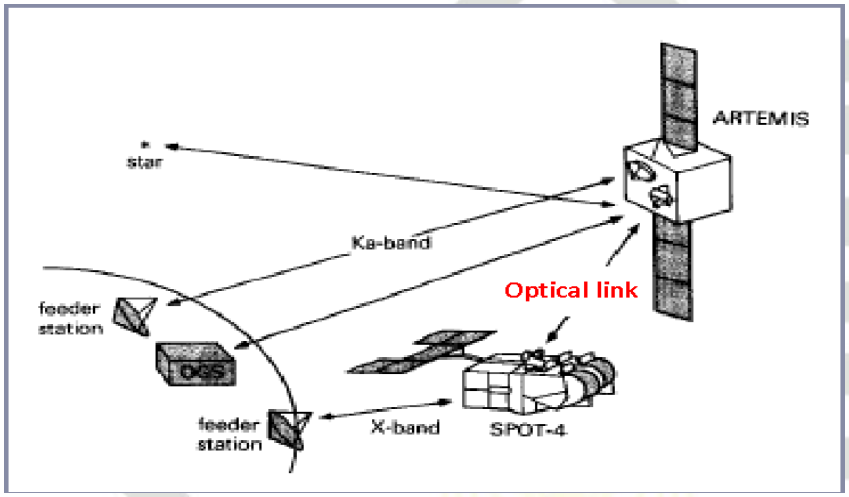
Pada penelitian lain, telah dilakukan *hybrid* sistem ISOWC menggunakan teknik *multiplexing* yang berbeda, yaitu *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) pada modulasi DPSK untuk *bit rate* 10 Gbps, dengan menggunakan panjang gelombang yang berbeda yaitu 850 nm dan 1550 nm yang ditransmisikan pada jarak 5000 km, 16.250 km dan 20.000 km. *Signal to Noise Ratio* (SNR), total daya yang diterima, diagram rasi bintang dan spektrum frekuensi radio digunakan sebagai metrik kunci untuk mengevaluasi kinerja sistem komunikasi ISOWC-DPSK yang diusulkan. Hasilnya menunjukkan bahwa panjang gelombang 850 nm memiliki performa yang baik dibandingkan dengan panjang gelombang 1550 nm, dimana data berhasil dikirim hingga 20.000 km. Sistem yang diusulkan dapat berhasil mengirimkan 10 Gbps data dengan daya input dari 10 dB di bawah dampak *receiving pointing errors* hingga 3 μrad dengan SNR dan total *received power* [6].

2.2 *Intersatellite Link*

Hubungan antar satelit (*intersatellite link*) telah digunakan untuk beberapa sistem satelit seperti *Iridium*, *Tracking and Data Relay Satellite System* (TDRSS) dan *National American Space Agency* (NASA) dengan menggunakan sinyal RF untuk menghubungkan satelit. Namun, *Optical Link* telah terbukti memberikan *bitrate* yang lebih besar dan efisiensi yang lebih baik dari pada *link* dengan sinyal RF. Oleh karena itu, terdapat beberapa satelit yang telah dipasangkan dengan OWC *intersatellite link* seperti satelit Artoda milik *European Space Agency* (ESA) dan satelit Kirari Jepang.

UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Komunikasi *intersatellite* pertama yang menggunakan optik berhasil dicapai pada Maret 2003 antara Artemis dan satelit Prancis bernama Satelit Pour L`Observation De La Terre 4 atau SPOT-4. Komunikasi simpleks dari Artemis ke SPOT-4 dilakukan dengan menggunakan data dengan *bitrate* 50 Mbps, panjang gelombang 850 nm, dan daya sinyal optik sebesar 120 mW. Artemis ditempatkan di orbit GEO, sementara SPOT-4 berada di orbit LEO dengan ketinggian 832 km. Desember 2005, komunikasi *full-duplex* antara Artemis dan Kirari telah berhasil dilakukan. Gambar berikut menunjukkan hubungan komunikasi optik antara Artemis dan SPOT-4 [4], [9] [11].



Gambar 2.1. *Intersatellite Optical Link* antara Artemis dan SPOT-4 [9]

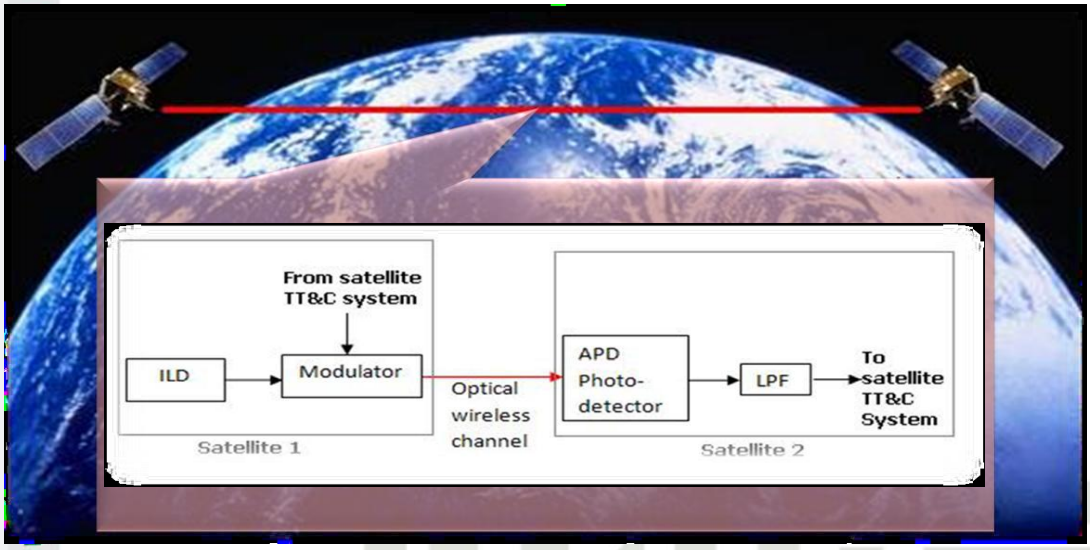
2.3 *Inter Satellite Optical Wireless Communication* (ISOWC)

ISOWC merupakan sistem komunikasi optik dan *wireless* yang dapat digunakan untuk menghubungkan antar satelit, baik untuk satelit yang berada pada orbit yang sama maupun orbit yang berbeda. ISOWC pada prinsipnya memiliki proses transmisi data dengan menggunakan kecepatan cahaya 3 x 10^8 m/s, dapat mengirimkan data tanpa banyak *delay* dan dengan atenuasi yang minimal, karena berada di ruang vakum [9], [11].

Keuntungan menggunakan *Optical link* adalah mampu mengirimkan data dengan kecepatan tinggi untuk jarak ribuan kilometer dengan menggunakan muatan yang kecil. Dengan mengurangi ukuran muatan, massa dan biaya satelit juga akan berkurang. Alasan lain penggunaan OWC adalah dengan penggunaan panjang gelombang, dengan alasan ini *link* OWC mampu menghasilkan rugi-rugi yang lebih kecil. Di samping itu, sistem *tracking*-nya sangat akurat. Gambar berikut menampilkan blok diagram sistem dasar dari ISOWC [9], [10].

UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

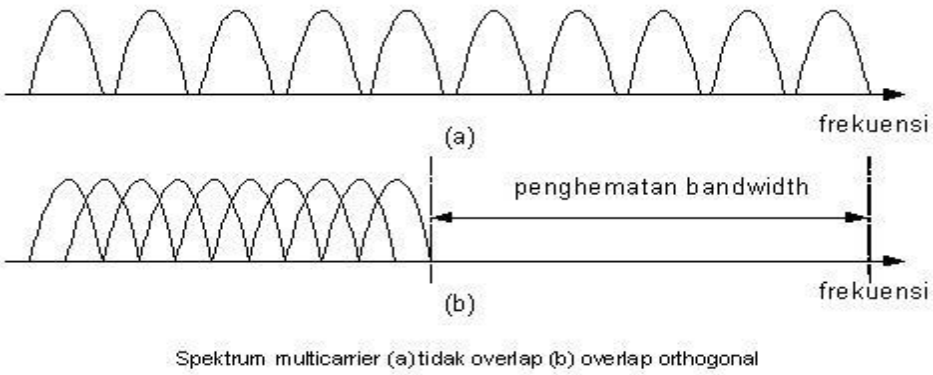
UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



Gambar 2.2. Blok Diagram Sistem Dasar ISOWC [9]

2.4 *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM)

OFDM merupakan teknik transmisi dengan banyak frekuensi (*multicarrier*), dimana antar subcarriernya satu dengan yang lain saling ortogonal. Karena sifat ortogonalitas ini, maka antar *subcarrier* yang berdekatan bisa dibuat *overlapping* tanpa menimbulkan efek *inter-carrier interference* (ICI). Hal ini akan membuat sistem OFDM mempunyai efisiensi spektrum yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan teknik modulasi *multicarrier* konvensional. Gambar berikut menunjukkan bentuk dari spektrum OFDM.



Gambar 2.3. Gambar Spektrum OFDM

OFDM merupakan teknik *multiplexing* untuk komunikasi *wireless broadband* yang bagus karena tahan melawan frekuensi *selective fading*, interferensi *narrowband* dan efisien menghadapi *multi-path delay spread*. Untuk mencapai hal tersebut, OFDM

UIN SUSKA RIAU

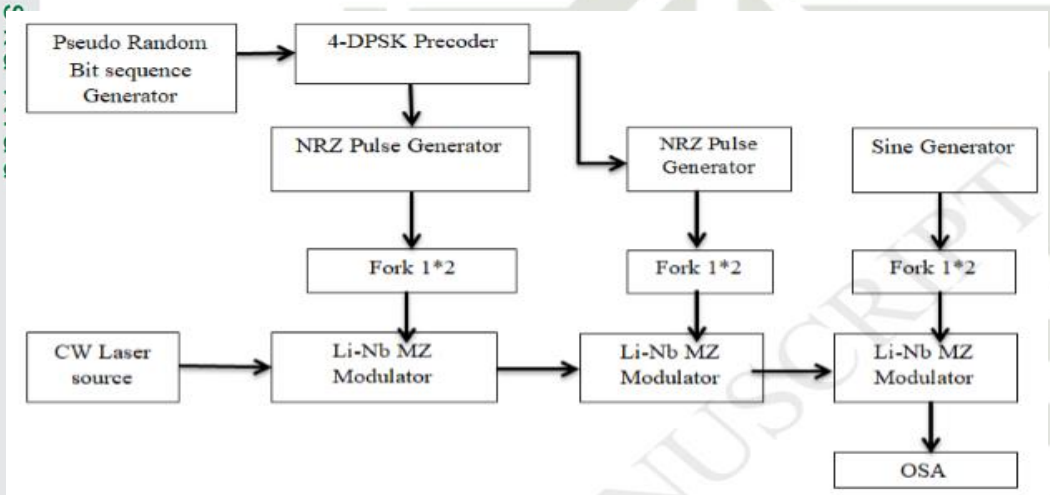
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Sultan Syarif Kasim Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

membagi aliran data *high-rate* memadai aliran *rate* yang lebih rendah, yang kemudian dikirimkan secara bersama pada beberapa *sub-carrier* [12].

2.5 *Differential Quadrature Phase Shift Key* (DQPSK)

DQPSK menyampaikan informasi dengan menetapkan fase tertentu dari satu simbol relatif terhadap simbol sebelumnya. Berikut merupakan model modulasi DQPSK ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Model Sistem Modulasi DQPSK [13]

DQPSK adalah teknik modulasi yang mengkodekan informasi dengan menggunakan perbedaan fasa antara dua simbol yang berdekatan Sinyal tinggi 1 atau sinyal rendah 0 membagi fase dengan *bit* yang ditransmisikan sebelumnya. Jika data dengan *bit* rendah yaitu 0 *bit*, data tidak akan diteruskan dan tidak ada perubahan fasa, ketika data tinggi yaitu 1 *bit* maka *bit* akan dikembalikan dan terjadi perubahan fasa. Kondisi yang tidak mengalami perubahan menyebabkan sinyal termodulasi tetap pada keadaan simbol 0 atau 1 seperti simbol sebelumnya. Untuk membangkitkan sinyal optik DQPSK dipasang 3 modulator Mach-Zehnder seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4 [13].

2.6 *Optisystem Software*

Perangkat lunak *optisystem* dikembangkan oleh *optiwave* untuk melakukan kompleks pada simulasi komunikasi optik. Hal ini menyediakan antarmuka pengguna yang

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

lebih mudah dan umum untuk ketersedian banyak alat teknik listrik didalamnya. Perangkat lunak *optisystem* cocok digunakan untuk model dan mensimulasikan sistem serat optik, sistem *free space* optik dan juga sistem OWC. OWC *channel* yang disediakan dalam perangkat lunak secara khusus dirancang untuk menyesuaikan dengan lingkungan *intersatellite*.

Sistem komunikasi optik terdiri dari *transmitter*, kanal dan *receiver*. Peran *transmitter* mengubah sinyal listrik menjadi bentuk optik. Peran kanal adalah untuk mengangkut sinyal optik dari pemancar ke penerima tanpa merusaknya. Peran *receiver* adalah untuk mengubah sinyal optik yang diterima kembali menjadi sinyal listrik asli.

2.7 Parameter Kelayakan Hasil Penelitian

Hasil penelitian memiliki parameter kelayakan diantaranya ialah BER, Q-Faktor dan *Power Budget.*

2.7.1 *Bit Error Rate* (BER)

BER merupakan laju kesalahan bit yang terjadi dalam mentransmisikan sinyal digital. Sensitivitas merupakan daya optik minimum dari sinyal yang datang pada BER yang dibutuhkan. Kebutuhan akan BER berbeda-beda pada setiap sistem, sebagai contoh pada sistem OFDM-ISOWC dibutukan BER minimum sebesar 10^{-12} [14]. Faktor-faktor yang mempengaruhi BER antara lain noise, interferensi, distorsi, sinkronisasi bit, redaman, multipath fading, dll.

2.7.2 *Quality Factor* (Q-Faktor)

Q-Faktor adalah faktor kualitas yang akan menentukan bagus atau tidaknya kualitas suatu link atau jaringan OFDM. Dalam sistem komunikasi optik minimal ukuran Q-Faktor yang bagus adalah 6.

2.7.3 *Power Budget*

Power Budget mencakup perhitungan daya yang diterima oleh sistem pada sisi *transmitter* sampai *receiver*. Daya yang diterima adalah resultan sinyal dari degradasi level daya sinyal *input* yang disebabkan oleh redaman serta penguatan (*gain*) pemancar dan *gain* penerima. Adapun persamaan untuk menghitung *Power Budget* sebagai berikut [9].

$$P_R = P_{in} - \text{Total } \textit{los} + \text{Total Gain} \qquad (2.1)$$

dimana :

P_{in} = Daya input

Total los = Jumlah *loss* semua komponen yang terdapat dalam sistem

Total Gain = Jumlah Gain yang terdapat dalam komponen sistem

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

Sistem *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) pada *Inter Satellite Optical Wireless Communicarion* (ISOWC) dengan menggunakan modulasi DQPSK menjadi titik fokus penelitian penulis. Integrasi dari modulasi ini memberikan respon terhadap tuntutan untuk kecepatan data yang tinggi, *loss* yang kecil serta *bandwidth* yang besar. Dalam penelitian ini, model sistem jaringan komunikasi OFDM-ISOWC didesain dengan menggunakan *software optisystem 14*. *Software* ini akan membantu penelitian dalam memodelkan dan mensimulasikan jaringan OFDM-ISOWC. *Optisystem* merupakan perangkat lunak yang komprehensif yang mana memungkinkan *user* untuk mendesain, menguji, dan mensimulasikan jaringan optik modern. Di samping itu, *optisystem* juga dilengkapi dengan *virtual instrument*, sehingga penulis bisa melakukan penelitian tanpa terkendala oleh ketersediaan peralatan (*tools*).

3.1 Jenis Penelitian

Dalam penelitian mengenai performansi sistem OFDM-ISOWC menggunakan format modulasi DQPSK, penulis menggunakan jenis penelitian kuantitatif dengan melakukan perhitungan *Bit Error Rate* (BER), *Quality Factor* (Q-Fakor), dan *Power Link Budget*.

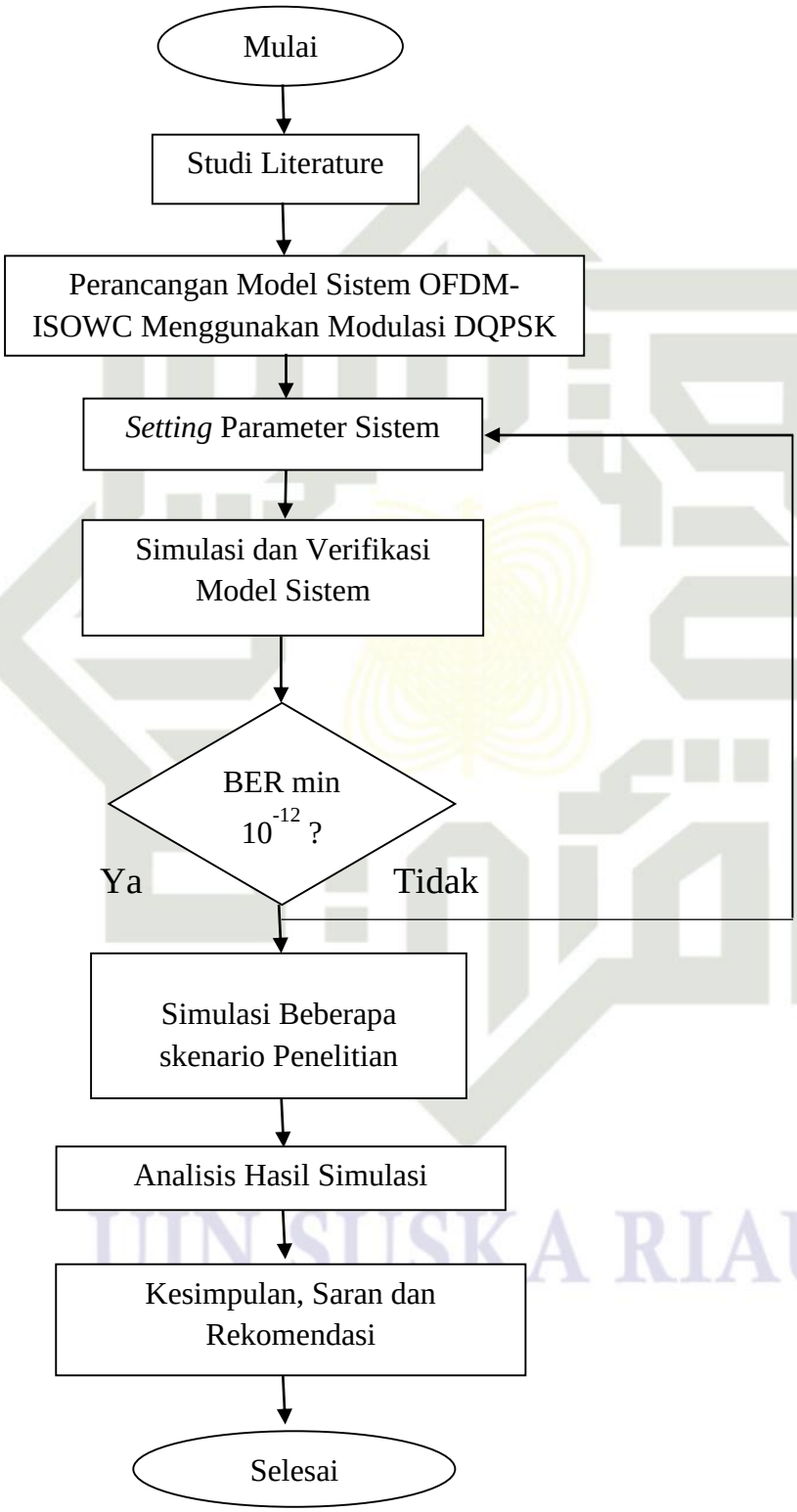
3.2 Prosedur Penelitian

Pada tahap ini akan dijelaskan bagaimana tata cara penulis melakukan pembuatan Tugas Akhir dalam melakukan penelitian. Langkah awal yang penulis lakukan dalam memulai penelitian ini adalah studi literatur. Studi literatur merupakan penunjang dan sumber ilmu yang digunakan sebagai landasan teori dalam menyelesaikan masalah dalam penelitian. pelaksanaan dengan cara mencari referensi-referensi yang saling berkaitan dengan materi yang akan dikerjakan dalam penelitian.

Setelah didapatkan masalah yang akan dibahas, peneliti melakukan perumusan masalah untuk menentukan judul dan tujuan penelitian. Berdasarkan judul dan tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini, penulis diharapkan mampu mendesain model sistem yang akan dibuat terhadap jaringan ISOWC menggunakan teknik *multiplexing* OFDM dengan modulasi DQPSK. Model ini akan disimulasikan dengan *software optisystem 14* dengan harapan dapat menghasilkan nilai BER minimum sebesar 10^{-12} sebagaimana berdasarkan standar ITU-T [14] dan meningkatkan jarak transmisi untuk teknologi OFDM-ISOWC. Kemudian dilanjutkan dengan menentukan jarak transmisi maksimum untuk masing-masing *bitrate* 10 Gbps, 20 Gbps, dan 40 Gbps di dua panjang gelombang 850 nm, 1550 nm dan menghitung *Power Budget* sistem OFDM-ISOWC. Tahap akhir dari penelitian ini akan dilakukan analisa terhadap hasil yang didapatkan dari simulasi, sehingga penulis mampu menarik kesimpulan, memberi saran penelitian selanjutnya, dan memberikan rekomendasi bagi pihak yang membutuhkan.

UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Berikut adalah *Flow Chart* penelitian yang akan dilakukan :



Gambar 3.1 Alur Tahapan Penelitian

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

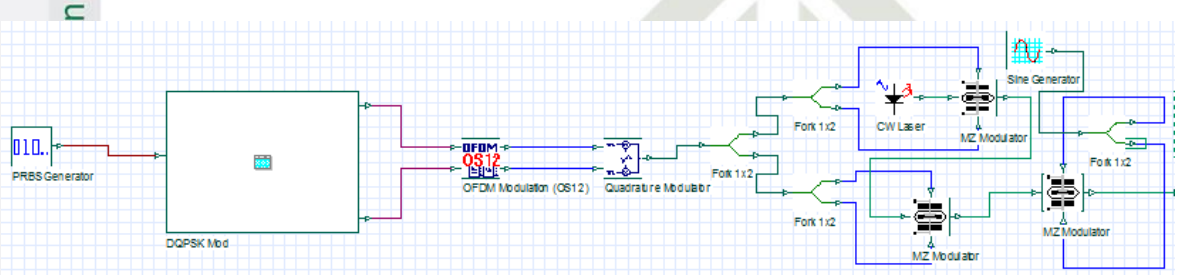
© Hak cipta milik UIN Sultan Syarif Kasim Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

3.3 Pemodelan Sistem

Pada penelitian ini akan dirancang model sistem ISOWC menggunakan teknik *multiplexing* OFDM dengan modulasi DQPSK pada *Bite Rate* 10 Gbps, 20 Gbps, dan 40 Gbps. Model sistem ini terbagi menjadi tiga bagian yaitu *transmitter*, kanal dan *receiver*.

3.3.1 Model Sistem OFDM-ISOWC dengan Modulasi DQPSK pada sisi *Transmitter*

Penerapan model sistem OFDM-ISOWC menggunakan modulasi DQPSK pada sisi *transmitter* ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Model Sistem OFDM-ISOWC dengan Modulasi DQPSK pada sisi *Transmitter*

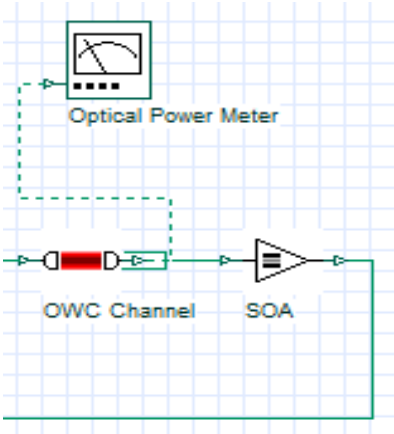
Pada gambar 3.2 merupakan model sistem OFDM-ISOWC pada sisi *transmitter*, yang mana *Pseudo Random Bit Sequence* (PRBS) yang akan membangkitkan sinyal informasi digital akan diteruskan ke DQPSK, kemudian sinyal informasi yang telah dimodulasikan diberikan sebagai masukan untuk OFDM modulator yang menggunakan 512 *subcarrier*, 256 posisi *array* dan 1024 *Fast Fourier Transform* (FFT) *points* untuk mendapatkan waktu sinyal varian OFDM. Sinyal OFDM ini kemudian disaring diikuti oleh modulasi amplitudo analog kuadratur sehingga memperoleh sinyal listrik termodulasi kuadratur pada frekuensi RF 7,5 GHz. LiNb *mach-zehnder* modulator digunakan untuk memodulasi *input* laser dengan *output* listrik dari modulator kuadratur untuk menghasilkan sinyal optik.

UIN SUSKA RIAU

3.3.2 Model Sistem OFDM-ISOWC dengan Modulasi DQPSK pada sisi Kanal

Penerapan model sistem OFDM-ISOWC menggunakan modulasi DQPSK pada sisi kanal ditunjukkan pada gambar 3.3.

UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

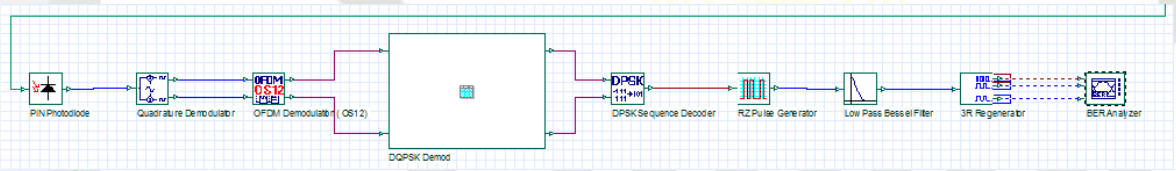


Gambar 3.3 Model Sistem OFDM-ISOWC dengan Modulasi DQPSK pada sisi Kanal

Pada gambar 3.3 merupakan model sistem OFDM-ISOWC pada sisi kanal, dimana sinyal optik pada *transmitter* ditransmisikan ke satelit penerima melalui ISOWC dengan *Semiconductor Optical Amplifiers* (SOA) sebagai teknik pasca kompensasi.

3.3.3 Model Sistem OFDM-ISOWC dengan Modulasi DQPSK pada sisi *Receiver*

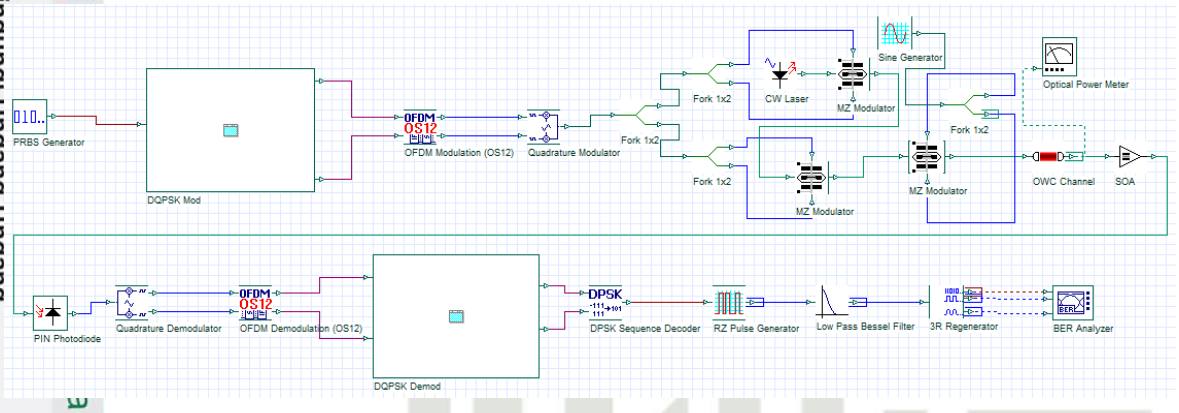
Penerapan model sistem OFDM-ISOWC menggunakan modulasi DQPSK pada sisi *receiver* ditunjukkan pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Model Sistem OFDM-ISOWC dengan Modulasi DQPSK pada sisi *Receiver*

Pada gambar 3.4 merupakan model sistem OFDM-ISOWC pada sisi *receiver*, pada bagian *receiver* ini merupakan perangkat yang menerima sinyal informasi dari bagian *transmitter*, dimana sinyal yang diterima diumpankan ke PIN *photodiode* untuk mengubah sinyal optik menjadi bentuk listrik. Sinyal listrik ini didemodulasi oleh demodulator kuadratur dan demodulator OFDM, kemudian sinyal akan diteruskan ke subsistem yang terdiri dari blok demodulator untuk memulihkan kembali sinyal asli dari sinyal termodulasi DQPSK. Kemudian dikonversi menjadi bentuk biner dengan DPSK *Sequence Decoder*. Kemudian *binary sequence* yang diterima ini diubah menjadi pulsa oleh *return to zero pulse generator* diikuti dengan penyaringan dan proses 3R (*reshaped*, *retimed*, *regenerated*) sehingga dapat mengevaluasi kinerjanya melalui analisa BER.

Gambar keseluruan dari model jaringan OFDM-ISOWC yang mencangkup bagian *transmitter*, kanal dan *receiver* dapat dilihat pada gambar beruikut.



Gambar 3.5 Model Sistem OFDM-ISOWC dengan Modulasi DQPSK mencangkup bagian *Transmitter*, Kanal dan *Receiver*.

3.4 *Setting* Parameter Sistem

Sebelum proses simulasi, terlebih dahulu harus dilakukan *set-up* parameter. Tabel-tabel berikut ini menampilkan parameter *set-up* model sistem yang digunakan dalam proses simulasi.

Tabel 3.1 Parameter PRBS

Parameter	Nilai	Satuan
Bit Rate	10, 20, dan 40	Gbps

Pada tabel 3.1 diatas PRBS menggunakan *bit rate* 10, 20, dan 40 Gbps. Pada penelitian ini akan dilihat nanti performansi sistemnya untuk masing-masing bit rate ini. Pengaturan parameter CW Laser dalam model sistem dapat dilihat pada tabel 3.2 di bawah ini.

UIN SUSKA RIAU
© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Table 3.2 Parameter CW LASER

Nama	Nilai	Satuan
Frekuensi	193,1	THz
Daya Input	-4	dBm

Sumber : [6]

Pada model sistem OFDM-ISOWC menggunakan frekuensi 193,1 THz. Untuk sumber optik CW LASER digunakan daya input sebesar -4 dBm. Setelah *setting* parameter pada CW LASER selesai maka, akan dilanjutkan dengan *setting* parameter di OFDM. Parameter OFDM dapat dilihat pada tabel 3.3 sebagai berikut.

Tabel 3.3 Parameter OFDM

Nama	Nilai
Number of Subcarrier	512
Number of FFT Point	1024

Sumber : [6]

Pada tabel 3.3 diatas *setting* parameter OFDM memanfaatkan 512 subcarrier, dan 1024 *Fast Fourier Transform* (FFT) *Points*. kemudian dilanjtkan dengan *setting* parameter OWC *channel* dapat dilihat pada tabel 3.4 berikut.

Table 3.4 Parameter OWC *channel*

Nama	Nilai	Satuan
Panjang Gelombang	850 dan 1550	nm
Range	20.000 – 30.000	Km

Transmitter Pointing Error	1.7	urad
Receiver Pointing Error	1.7	urad
Additional Losses	2.5	dB

Sumber : [6]

Pada tabel 3.4 diatas OWC *channel* menggunakan frekuensi 193,1 THz di panjang gelombang 850 nm dan 1550 nm dengan jarak 20.000 km sampai dengan 30.000 km. Pada model sistem menggunakan *photodetector* model PIN, dengan konfigurasi sebagai berikut.

Table 3.5 Parameter PIN *photodiode*

Nama	**Nilai**	**Satuan**
Responsivity	1	A/W

Sumber : [6]

Setelah proses *setting* parameter selesai, maka akan dilanjutkan dengan proses simulasi model sistem.

3.5 Proses Simulasi Model Sistem

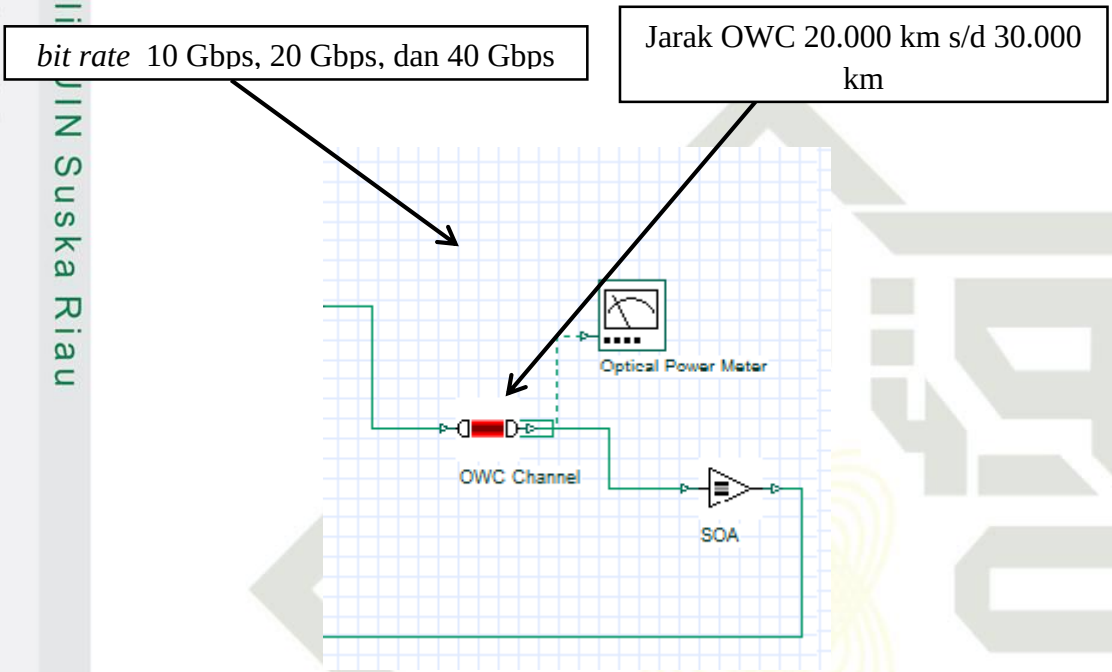
Pada tahap ini, model sistem disimulasikan dengan menggunakan *Optisystem 14*. Proses selanjutnya melakukan uji coba terhadap sistem yang dirancang tersebut, dengan tahap awal simulasi yaitu proses verifikasi. jika sistem berjalan dengan baik dan BER memenuhi standar yaitu 10^{-12} [14], maka simulasi berhasil dan penulis dapat melanjutkan simulasi dengan beberapa skenario dan jika tidak memenuhi standar BER yang telah ditetapkan maka penulis kembali mengatur parameter jaringan dan dilakukan verifikasi ulang simulasi dari awal.

Model sistem OFDM-ISOWC dengan format modulasi DQPSK disimulasikan dengan beberapa skenario penelitian, yaitu penentuan jarak transmisi maksimum dan juga menghitung *Power Link Budget* untuk sistem tersebut.

UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.5.1 Penentuan Jarak Transmisi Maksimum

Simulasi ini dilakukan untuk menentukan jarak transmisi maksimum pada sistem OFDM-ISOWC untuk jarak 20.000 km s/d 30.000 km dengan *bit rate* 10 Gbps, 20 Gbps, dan 40 Gbps. Berikut terlampir gambar penentuan jarak maksimum.



Gambar 3.6 Penentuan Jarak Transmisi Maksimum

Pada gambar 3.6 merupakan model sistem dan parameter yang digunakan untuk menentukan jarak transmisi maksimum menggunakan 10 Gbps, 20 Gbps, dan 40 Gbps dengan jarak pada sisi OWC sejauh 20.000 km s/d 30.000 km dan digunakan 10 iterasi dengan reng antar iterasi sebesar 1000 km.

3.5.2 Menghitung *Power Budget*

Perhitungan *power Budget* dilakukan untuk menentukan konsumsi daya sistem OFDM-ISOWC dengan modulasi DQPSK. Pada sistem tersebut akan dilakukan pengukuran dari setiap masing-masing keluaran komponen, kemudian dari keluaran daya tersebut akan dilakukan kalkulasi dengan menggunakan persamaan (2.1) yang berada pada bab II.

UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.6 Metoda Analisa dalam Penarikan Kesimpulan

Hasil simulasi akan ditampilkan dalam bentuk grafik. pada skenario pertama akan didapatkan grafik perbandingan *bit rate* 10 Gbps, 20 Gbps, dan 40 Gbps terhadap BER dan Q-Faktor. Hasil skenario kedua akan didapatkan grafik jarak transmisi (20.000 km s.d. 30.000 km) terhadap BER dan Q-Faktor. Pada penelitian ini juga akan dihitung *Power Link Budget* untuk model sistem OFDM-ISOWC mengunakan modulasi DQPSK.

UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. C. Achmad, "Gateway Station Controller (GSC) pada Sistem Komunikasi Satelit PT Pasifik Satelit Nusantara (PSN) Bekasi", Universitas Diponegoro Semarang, 2010.

[2] H. Singh, "Performance Analysis of Next Generation High Capacity Ultra Dense Wavelength Division Multiplexing Based on Inter-Satellite Optical Wireless Communication", *International Journal of Advanced Research in Science and Engineering*, Volume 6, Issue 8, Agustus. 2017.

[3] M. Kaur dan M. S. Patterh, "Design and Analysis of Ultra High Capacity DWDM System with and without Square Root Module for Different Modulation Format", *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, Volume 8, No. 5, ISSN No. 0976-5697, May – June. 2017.

[4] M. Uysal dan H. Nouri, "Optical Wireless Communications-An Emerging Technology. Department of Electrical and Electronics Engineering", *International Conference on Transparent Optical Networks* (ICTON) 2014, IEEE Explore, 2014.

[5] N. Kaur dan G. Soni, "Performance Analysis of Inter-Satellite Optical Wireless Communication System by Using NRZ and RZ Modulation", *International Journal of Scientific and Research Publications*, Volume 5, Issue 1, ISSN 2250-3153, Januari. 2015.

[6] S. Chaundhary, A. Sharma dan V. Singh, "Optimization of High Speed and Long Haul Inter-Satellite Communication Link by Incorporating Differential Phase Shift Key and Orthogonal Frequency Division Multiplexing Scheme", Optik, Volume 176, Hal: 185-190, Januari. 2019.

[7] P. Kaur, A. Gupta, dan M. Chaudhary, "Comparative Analysis of Inter Satellite Optical Wireless Channel for NRZ and RZ Modulation Formats for Different Levels of Input Power", *Procedia Computer Science*, Volume 58, Hal: 572-577, 2015.

[8] H. K. Gill, G. K. Walia, N. S. Grewal, "Performance Analysis of Mode Division Multiplexing IS-OWC System using Manchester, DPSK and DQPSK Modulation Techniques", Optik, Volume 177, Hal: 93-101, Januari. 2019.

[9] A. Hasfiza, "Modelling Intersatellite Optical Wireless Communication System", Laporan Thesis, Universiti Teknologi Malaysia, 2009.

[10] A. Hasfiza, F. Diana, dan A. Samah, "Modelling and Performance Study of Inter-Satellite Optical Wireless Communication System", *International Conference on Photonics* (ICP) 2010, IEEE Explore, 2010.

[11] R. Kaur, "Investigations On Inter-Satellite Optical Wireless Communication", *Thapar University, Patiala, Punjab*, 2017.

[12] A. Ananta, I. Santoso, dan A. A. Zahra, "Simulasi Perbandingan Kinerja Modulasi M-PSK dan M-QAM_terhadap Laju Kesalahan Data pada Sistem Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)", Universitas Diponegoro Repository, 2009.

[13] W. Angesti, "Simulasi Kinerja Modulator Optik Tipe Mach-Zehnder Berdasarkan Ragam Format Modulasi", Universitas Diponegoro Semarang, 2015.

[14] ITU-T. *Recommendation* G.698.1. "*Multichannel DWDM applications with single-channel optical interfaces*". 2009.

[15] Alfansyah, Rozi. *"Analisa dan Optimasi Jaringan Fiber To The Building jalur STO Arengka – Puskom UIN SUSKA RIAU"*. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. 2014.

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN

A-1. Performansi Sistem OFDM-ISOWC Menggunakan Modulasi DQPSK pada *Bitrate* 10 Gbps

Jarak (km)	*Bit Error Rate* (BER)	
	10 Gbps	
	850 nm	1550 nm
20.000	$1.533\text{x } 10^{-175}$	$4.683\text{x } 10^{-133}$
21.000	$3.193\text{x } 10^{-145}$	$3.511\text{x } 10^{-145}$
22.000	$3.112\text{x } 10^{-133}$	$3.698\text{x } 10^{-124}$
23.000	$4.789\text{x } 10^{-121}$	$3.882\text{x } 10^{-137}$
24.000	$3.103\text{x } 10^{-136}$	$1.540\text{x } 10^{-131}$
25.000	$1.548\text{x } 10^{-123}$	$1.571\text{x } 10^{-122}$
26.000	$1.232\text{x } 10^{-126}$	$3.426\text{x } 10^{-144}$
27.000	$3.397\text{x } 10^{-131}$	$2.170\text{x } 10^{-126}$
28.000	$2.433\text{x } 10^{-122}$	$3.112\text{x } 10^{-112}$
29.000	$1.666\text{x } 10^{-118}$	$1.055\text{x } 10^{-11}$
30.000	$2.930\text{x } 10^{-9}$	$2.404\text{x } 10^{-6}$

UIN SUSKA RIAU

B-1. Performansi Sistem OFDM-ISOWC Menggunakan Modulasi DQPSK pada *Bitrate* 20 Gbps

Jarak (km)	*Bit Error Rate* (BER) 20 Gbps	
	850 nm	1550 nm
20.000	$3.412x\ 10^{-76}$	$2.673x\ 10^{-62}$
21.000	$4.312x\ 10^{-64}$	$3.388x\ 10^{-53}$
22.000	$3.734x\ 10^{-43}$	$3.776x\ 10^{-42}$
23.000	$3.947x\ 10^{-62}$	$1.556x\ 10^{-52}$
24.000	$2.883x\ 10^{-47}$	$2.702x\ 10^{-36}$
25.000	$4.667x\ 10^{-65}$	$1.935x\ 10^{-22}$
26.000	$3.231x\ 10^{-42}$	$3.265x\ 10^{-21}$
27.000	$4.397x\ 10^{-32}$	$2.271x\ 10^{-11}$
28.000	$2.347x\ 10^{-6}$	$3.773x\ 10^{-9}$
29.000	$1.544x\ 10^{-9}$	$2.422x\ 10^{-10}$
30.000	$1.508x\ 10^{-6}$	$1.693x\ 10^{-9}$

UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

C-1. Performansi Sistem OFDM-ISOWC Menggunakan Modulasi DQPSK pada *Bitrate* 40 Gbps

Jarak (km)	*Bit Error Rate* (BER)	
	40 Gbps	
	850 nm	1550 nm
20.000	7.443×10^{-14}	3.863×10^{-13}
21.000	6.349×10^{-14}	2.387×10^{-12}
22.000	8.522×10^{-13}	1.633×10^{-13}
23.000	5.495×10^{-12}	2.446×10^{-12}
24.000	3.655×10^{-14}	1.376×10^{-12}
25.000	4.683×10^{-12}	1.932×10^{-11}
26.000	6.456×10^{-11}	3.212×10^{-11}
27.000	2.678×10^{-11}	3.745×10^{-9}
28.000	3.524×10^{-11}	1.488×10^{-10}
29.000	1.271×10^{-11}	2.913×10^{-9}
30.000	1.625×10^{-9}	3.455×10^{-9}

UIN SUSKA RIAU
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

D-1. Performansi Sistem OFDM-ISOWC Menggunakan Modulasi DQPSK pada panjang gelombang 850 nm

Jarak	*Bitrate*		
	λ 850 nm		
	10 Gbps	20 Gbps	40 Gbps
20.000	$1.533\text{x } 10^{-175}$	$3.412\text{x } 10^{-76}$	$7.443\text{x } 10^{-14}$
21.000	$3.193\text{x } 10^{-145}$	$4.312\text{x } 10^{-64}$	$6.349\text{x } 10^{-14}$
22.000	$3.112\text{x } 10^{-133}$	$3.734\text{x } 10^{-43}$	$8.522\text{x } 10^{-13}$
23.000	$4.789\text{x } 10^{-121}$	$3.947\text{x } 10^{-62}$	$5.495\text{x } 10^{-12}$
24.000	$3.103\text{x } 10^{-136}$	$2.883\text{x } 10^{-47}$	$3.655\text{x } 10^{-14}$
25.000	$1.548\text{x } 10^{-123}$	$4.667\text{x } 10^{-65}$	$4.683\text{x } 10^{-12}$
26.000	$1.232\text{x } 10^{-126}$	$3.231\text{x } 10^{-42}$	$6.456\text{x } 10^{-11}$
27.000	$3.397\text{x } 10^{-131}$	$4.397\text{x } 10^{-32}$	$2.678\text{x } 10^{-11}$
28.000	$2.433\text{x } 10^{-122}$	$2.347\text{x } 10^{-6}$	$3.524\text{x } 10^{-11}$
29.000	$1.666\text{x } 10^{-118}$	$1.544\text{x } 10^{-9}$	$1.271\text{x } 10^{-11}$
30.000	$2.930\text{x } 10^{-9}$	$1.508\text{x } 10^{-6}$	$1.625\text{x } 10^{-9}$

E-1. Performansi Sistem OFDM-ISOWC Menggunakan Modulasi DQPSK pada panjang gelombang 1550 nm

Jarak	*Bitrate*		
	λ 1550 nm		
	10 Gbps	20 Gbps	40 Gbps
20.000	$4.683\text{x } 10^{-133}$	$2.673\text{x } 10^{-62}$	$3.863\text{x } 10^{-13}$
21.000	$3.511\text{x } 10^{-145}$	$3.388\text{x } 10^{-53}$	$2.387\text{x } 10^{-12}$
22.000	$3.698\text{x } 10^{-124}$	$3.776\text{x } 10^{-42}$	$1.633\text{x } 10^{-13}$
23.000	$3.882\text{x } 10^{-137}$	$1.556\text{x } 10^{-52}$	$2.446\text{x } 10^{-12}$
24.000	$1.540\text{x } 10^{-131}$	$2.702\text{x } 10^{-36}$	$1.376\text{x } 10^{-12}$
25.000	$1.571\text{x } 10^{-122}$	$1.935\text{x } 10^{-22}$	$1.932\text{x } 10^{-11}$
26.000	$3.426\text{x } 10^{-144}$	$3.265\text{x } 10^{-21}$	$3.212\text{x } 10^{-11}$
27.000	$2.170\text{x } 10^{-126}$	$2.271\text{x } 10^{-11}$	$3.745\text{x } 10^{-9}$
28.000	$3.112\text{x } 10^{-112}$	$3.773\text{x } 10^{-9}$	$1.488\text{x } 10^{-10}$
29.000	$1.055\text{x } 10^{-11}$	$2.422\text{x } 10^{-10}$	$2.913\text{x } 10^{-9}$
30.000	$2.404\text{x } 10^{-6}$	$1.693\text{x } 10^{-9}$	$3.455\text{x } 10^{-9}$

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Muhammad iqbal, lahir di Duri, 01 Mei 1996 adalah anak ke dua dari pasangan Eri Ernita dan Muhammad Yusuf yang beralamat di Perumnas Thp 1, Km.125 Duri, kec.Mandau, Kab.Bengkalis. Prov.Riau.

email : muhammad.iqbaall46@gmail.com

HP : 082375550244

Pengalaman pendidikan yang dilalui dimulai dari SD Negri 32 Mandau pada tahun 2002 – 2008 dan dilanjutkan di SMP Negri 9 Mandau pada tahun 2008–2011. Kemudian pendidikan dilanjutkan di SMK Negri 1 Mandau dengan mengambil jurusan Teknik Instalasi Tenaga Listrik pada tahun 2011 – 2014. Setelah lulus dari SMK Negri 1 Mandau, penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Universitas Islam Negri Sultan Syarif Kasim Riau, mengambil jurusan Teknik Elektro dengan konsentrasi Telekomunikasi, Fakultas Sains dan Teknologi dan lulus tahun 2020 dengan penelitian Tugas Akhir berjudul "Performansi Sistem OFDM Menggunakan Format Modulasi DQPSK pada Sistem ISOWC".

UIN SUSKA RIAU

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.