

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Teknologi *Radio Frequency* (RF) yang selama ini banyak digunakan dalam sistem komunikasi satelit memiliki banyak tantangan dan keterbatasan yang dihadapi dalam memenuhi kebutuhan transmisi data yang tinggi pada sistem komunikasi satelit. Keterbatasan tersebut berupa kapasitas *bandwidth*, konsumsi daya yang besar, dan kerentanan terhadap interferensi. Dengan kapasitas *bandwidth* yang terbatas, sistem RF hanya dapat menyediakan kecepatan data dalam kisaran *megabit per second* (Mbps), sedangkan dengan berkembangnya teknologi dalam aplikasi modern memerlukan kecepatan data dalam kisaran *gigabit per second* (Gbps) [1].

Dengan kebutuhan yang terus berkembang untuk mendukung transmisi data berkecepatan tinggi dari platform luar angkasa, teknologi RF menunjukkan keterbatasannya dalam memenuhi arsitektur jaringan satelit modern. Oleh karena itu, dengan keterbatasan tersebut maka teknologi laser sebagai pelengkap untuk teknologi modern yang menawarkan solusi dengan kapasitas *bandwidth* lebih besar, efisiensi daya tinggi, interferensi yang rendah, dan keamanan data yang lebih baik. Teknologi laser melengkapi penggunaannya dengan menyediakan keunggulan yang optimal untuk transmisi data berkecepatan tinggi terutama pada sistem komunikasi satelit masa depan[2].

Dalam beberapa tahun terakhir, komunikasi satelit telah menjadi bagian penting dari jaringan udara karena kemampuan untuk memberikan konektivitas nirkabel tanpa cela, cakupan layanan yang luas, dan layanan berkualitas tinggi untuk semua pengguna di seluruh dunia. Karakteristik penting dari komunikasi satelit adalah mentransfer sinyal secara bersamaan dan cepat di sekitar bumi dengan komunikasi *point-to-point* yang tidak bergantung pada jarak. Sejauh ini, satelit telah digunakan untuk berbagai tujuan termasuk komunikasi data, navigasi, perkiraan cuaca, ilmu pengetahuan luar angkasa, pemantauan iklim dan lingkungan, dan siaran televisi [3].

Satelit LEO menawarkan keuntungan seperti latensi yang lebih rendah, kecepatan data yang lebih tinggi, dan penundaan propagasi sinyal yang lebih rendah dibandingkan satelit MEO dan GEO. Dengan memiliki kecepatan yang tinggi pada saat mengorbit bumi, satelit LEO dapat menyelesaikan beberapa orbit per hari. Dalam penelitian ini, berfokus pada orbit LEO karena menunjukkan keunggulan latensi yang rendah dan kecepatan data yang tinggi. Pilihan ini selaras untuk meningkatkan efisiensi dan transmisi data dalam komunikasi satelit laser *uplink* [4].

Dalam sistem komunikasi satelit laser *uplink* pada orbit LEO memiliki peran penting dalam kualitas sinyal karena berpengaruh langsung pada intensitas daya yang diterima oleh satelit. *Additional losses* atau rugi-rugi lintasan yang menyatakan pengurangan sinyal sebagai besaran dalam *desibel* (dB), didefinisikan sebagai perbedaan antara daya yang ditransmisikan dengan daya yang diterima. Sebagai penyebab adanya rugi-rugi lintasan dalam komunikasi satelit adalah adanya pengaruh lingkungan cuaca[5].

Memahami faktor-faktor ini penting untuk merancang sistem yang lebih efisien dan tahan terhadap gangguan yang mungkin terjadi selama operasi. *Attenuation* atau redaman sinyal juga merupakan faktor penting yang memengaruhi kinerja sistem komunikasi satelit laser *uplink* pada orbit LEO karena pengaruh atmosfer bumi. *Attenuation* terjadi ketika sinyal laser melewati atmosfer dan kondisi cuaca buruk seperti kabut, hujan, dan salju yang dapat memperburuk atenuasi karena tetesan air dan butiran es dapat menyerap dan menyebarkan energi laser sehingga mengurangi intensitas sinyal yang mencapai satelit[6].

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada optimalisasi desain sistem komunikasi satelit laser *uplink* pada orbit LEO, fokus utama adalah pada optimalisasi performa sistem melalui evaluasi parameter seperti *bit rate*, panjang gelombang, jarak, *loss*, dan *gain*. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi yang efektif bagi tantangan utama dalam sistem komunikasi satelit berbasis laser.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Desain sistem seperti apa yang cocok untuk komunikasi satelit laser *uplink*?
2. Variasi *bit rate*, panjang gelombang, dan jarak apakah berpengaruh terhadap kualitas sinyal pada *transmitter*?
3. Variasi *loss* dan jarak apakah berpengaruh terhadap kualitas sinyal pada medium?
4. Variasi *gain* dan jarak apakah berpengaruh terhadap kualitas sinyal pada *receiver*?

1.3. Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan mengoptimalkan sistem komunikasi satelit laser *uplink* pada orbit LEO.
2. Menganalisis pengaruh variasi *bit rate*, panjang gelombang, jarak, *loss*, dan *gain* pada sistem komunikasi satelit laser *uplink*.
3. Mengevaluasi dampak terhadap parameter yang divariasikan pada kualitas sinyal dengan BER, *Optical Spectrum*, dan *Optical Power*.

Adapun manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Sebagai syarat kelulusan S1 Teknik Telekomunikasi Telkom University Purwokerto.
2. Penelitian ini menjadi bekal kemampuan dan pengetahuan untuk penulis untuk menganalisis permasalahan pada teknologi telekomunikasi serta memberikan solusi yang bermanfaat bagi masyarakat dan dunia kerja.
3. Memberikan pemahaman mengenai desain sistem komunikasi satelit *uplink* yang optimal dengan mengevaluasi nilai BER, *Optical Spectrum*, dan *Optical Power* terhadap variasi *bit rate*, panjang gelombang, jarak, *loss*, dan *gain* untuk mendapatkan kinerja sistem yang lebih baik.

1.4. Batasan Masalah

Ada beberapa batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi *bit rate transmitter* 10 Gbps, 20 Gbps, dan 30 Gbps.
2. Panjang gelombang laser yang digunakan 850 nm, 1310 nm, dan 1550 nm.
3. Jarak dari ground station ke satelit luar angkasa di orbit LEO sejauh 500 km, 1000 km, dan 1500 km.
4. *Additional Losses* yang digunakan pada *medium* yaitu TX *optics loss* 18.5 dB, *average pointing loss* 0.3 dB, *atmospheric transmission* 1.3 dB, RX *optics loss* 7.9 dB, dan *power penalty for average BER* 5 dB, 7 dB, 9 dB, 11 dB, 13 dB.
5. *Gain APD* yang digunakan pada *receiver* 3, 5, dan 7.
6. Parameter yang digunakan untuk analisis yaitu BER, *Optical Spectrum*, dan *Optical Power*.
7. Pengujian dilakukan dengan kondisi *direct* laser.
8. Simulasi menggunakan *Software OptiSystem 22*.

1.5. Metode Penelitian

Adapun beberapa metode yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1) Studi literatur

Dilakukan dengan membaca, mengamati, dan memahami sumber informasi yang relevan melalui buku, *ebook* dan bahan referensi lainnya yang terkait dengan sistem komunikasi satelit laser sebagai acuan untuk dapat memahami penelitian yang sebelumnya. Selanjutnya maka akan dapat menentukan rumusan masalah yang dapat diangkat pada penelitian ini dengan hasil studi literatur.

2) Perancangan sistem

Dilakukan dengan merancang model sistem komunikasi satelit laser *uplink* dengan terbagi menjadi 3 sub sistem yaitu *transmitter*, *medium*, *receiver*.

3) Simulasi sistem

Hasil dari rancangan sistem akan disimulasikan pada *software OptiSystem* dengan memasukkan parameter yang sudah ditentukan untuk mendapatkan nilai BER, *Optical Spectrum*, dan *Optical Power*.

4) Analisis hasil simulasi

Pada nilai BER, *Optical Spectrum*, dan *Optical Power* yang didapatkan akan dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan dan saran pada penelitian.

1.6. Jadwal Pelaksanaan

Untuk mendukung kelancaran dalam penyusunan tugas akhir berikut disusun jadwal pelaksanaan yang berisi tahapan kegiatan berserta estimasi waktu penyelesaian dan *Milestone*. Tabel 1.1 merupakan jadwal pelaksanaan yang bertujuan sebagai panduan dalam pelaksanaan penelitian agar proses berjalan secara sistematis dan tepat waktu.

Tabel 1.1 Jadwal Pelaksanaan

No.	Deskripsi Tahapan	Durasi	Tanggal Selesai	<i>Milestone</i>
1	Desain Sistem	3 minggu	31 Januari 2025	Diagram Blok dan spesifikasi Input-Output
2	Pemilihan Komponen	2 minggu	14 Februari 2025	List komponen yang akan digunakan
3	Desain skenario Simulasi	2 minggu	28 Februari 2025	Pemodelan rangkaian simulasi <i>OptiSystem</i>
4	Implementasi Sistem	4 minggu	31 Maret 2025	Implementasi Sistem selesai
5	Penyusunan Dokumen Capstone Design	4 minggu	30 April 2025	Dokumen <i>Capstone Design</i> selesai
6	Penyusunan Buku TA	4 minggu	31 Mei 2025	Buku TA selesai