

BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Deskripsi Umum Masalah

Gedung Tokong Nanas merupakan salah satu gedung perkuliahan utama di kawasan Telkom University yang berfungsi sebagai pusat berbagai aktivitas akademik. Gedung ini terdiri atas sepuluh lantai dengan total 178 ruangan yang tersebar dalam delapan zona, dan mampu menampung hingga 7.500 mahasiswa dari berbagai program studi [1]. Dalam era digitalisasi pendidikan saat ini, aktivitas pembelajaran semakin banyak dilakukan melalui media daring dan sistem informasi terintegrasi seperti *Learning Management System* (LMS) dan *Integrated Academic Information System* (iGracias) [2]. Hal ini menuntut tersedianya infrastruktur jaringan komunikasi yang tidak hanya cepat, tetapi juga stabil, aman, dan merata di seluruh area gedung. Keandalan jaringan menjadi faktor kunci dalam mendukung produktivitas akademik, baik bagi mahasiswa maupun tenaga pengajar [3].

Namun demikian, kondisi aktual di Gedung Tokong Nanas menunjukkan bahwa infrastruktur jaringan yang ada belum sepenuhnya mampu mengakomodasi kebutuhan tersebut. Struktur gedung yang kompleks dan bertingkat menyebabkan tantangan tersendiri dalam distribusi sinyal jaringan, di mana beberapa area mengalami sinyal yang lemah atau bahkan tidak terjangkau sama sekali [4]. Hal ini menghambat akses terhadap layanan pembelajaran daring, komunikasi antar mahasiswa dan dosen, serta penggunaan sistem akademik digital secara *real time*. Selain itu, tingginya densitas perangkat yang terhubung secara simultan di setiap lantai terutama pada waktu-waktu sibuk seperti jam kuliah pagi dan siang menyebabkan beban trafik yang tinggi. Akibatnya, terjadi penurunan *bandwidth*, peningkatan latensi, serta penurunan kualitas koneksi secara keseluruhan yang berdampak langsung terhadap efektivitas proses belajar mengajar [5].

Permasalahan jaringan juga tidak terbatas pada area dalam gedung saja, tetapi meluas hingga ke jalur distribusi dari luar gedung menuju kampus. Saat ini, konektivitas dari Sentral Telepon Otomat (STO) Cijawura ke area kampus Telkom University di jaringan eksisting Gedung Tokong Nanas masih mengandalkan jaringan fiber optik konvensional yang terpasang secara terbuka. Instalasi kabel fiber ini banyak dilakukan dengan cara menggantung di atas permukaan jalan atau ditanam melalui gorong-gorong di area kampus [6]. Meskipun memiliki kapasitas *bandwidth* yang besar, ini memiliki sejumlah kelemahan seperti rentan terhadap gangguan fisik, cuaca, atau kerusakan akibat aktivitas lingkungan. Dari sisi estetika kampus,

kabel-kabel terbuka juga menimbulkan kesan kurang rapih. Selain itu, proses instalasi dan perawatan kabel fiber memerlukan biaya yang tinggi, waktu pengerjaan yang cukup lama, serta keterbatasan dalam hal fleksibilitas ketika terjadi relokasi atau perluasan jaringan [7].

Sebagai jawaban atas berbagai tantangan tersebut, solusi berbasis teknologi jaringan nirkabel seperti *Free-Space Optic* (FSO) mulai dipertimbangkan untuk diterapkan. FSO merupakan teknologi komunikasi optik yang memanfaatkan cahaya inframerah atau laser sebagai media transmisi data melalui ruang bebas, tanpa menggunakan kabel fisik [8]. Dengan kemampuan untuk menyediakan *throughput* tinggi, latensi rendah, serta kapasitas yang sebanding dengan fiber optik, FSO menjadi solusi yang efisien dan adaptif untuk kebutuhan jaringan kampus modern. Selain lebih cepat dalam proses instalasi dan lebih mudah dalam pemeliharaan, FSO juga menawarkan fleksibilitas tinggi dalam menjangkau area yang sulit dijangkau kabel [9].

Penerapan FSO pada konektivitas dari STO Cijawura ke Gedung Tokong Nanas berfungsi sebagai sistem redundansi yang artinya FSO akan menjadi alur cadangan secara otomatis mengambil alih trafik apabila jalur fiber optik utama mengalami gangguan, baik karena factor cuaca, kerusakan fisik, atau pekerjaan perawatan. Dengan adanya sistem redundansi ini, kontinuitas layanan jaringan di Gedung Tokong Nanas dapat terjamin, sehingga aktivitas akademik yang bergantung pada koneksi internet berkecepatan tinggi dapat tetap berjalan tanpa hambatan.

1.2 Analisis Masalah

1.2.1 Aspek Ekonomi

Penerapan infrastruktur jaringan kabel pada gedung bertingkat seperti Gedung Tokong Nanas memerlukan investasi awal yang cukup besar. Biaya yang dikeluarkan tidak hanya terbatas pada pembelian kabel dan perangkat jaringan, tetapi juga mencakup pengeluaran untuk proses instalasi, seperti penarikan kabel, penggalian jalur kabel di bawah tanah, penyambungan (*splicing*), serta pemasangan perangkat penguat sinyal dan perlengkapan pendukung lainnya [10]. Selain itu, dalam jangka panjang dibutuhkan biaya operasional yang signifikan untuk melakukan pemeliharaan rutin serta penanganan apabila terjadi kerusakan akibat cuaca, aktivitas lingkungan, atau keusangan perangkat. Proses perbaikan pun cenderung kompleks dan memakan waktu, terutama apabila kabel harus diganti atau dipindahkan. Ketergantungan terhadap infrastruktur kabel konvensional menjadikan sistem ini kurang fleksibel dan kurang efisien secara ekonomi, terutama dalam konteks lingkungan kampus yang dinamis dan terus berkembang.

1.2.2 Aspek Teknis

Secara teknis, distribusi jaringan di dalam bangunan bertingkat yang padat seperti Gedung Tokong Nanas menghadapi berbagai tantangan. Struktur fisik gedung yang terdiri atas banyak ruangan dengan dinding beton tebal dan lantai yang bertingkat dapat menghambat penyebaran sinyal jaringan, khususnya sinyal *wireless* yang bergantung pada jalur pandang langsung. Akibatnya, terdapat sejumlah area yang mengalami sinyal lemah bahkan tidak mendapatkan cakupan jaringan sama sekali [1]. Permasalahan ini diperparah oleh tingginya intensitas penggunaan jaringan oleh ribuan mahasiswa dan dosen secara bersamaan, terutama pada waktu-waktu padat seperti jam kuliah pagi hingga siang hari. Kepadatan trafik data yang tinggi ini dapat menyebabkan terjadinya *bottleneck*, penurunan kecepatan akses internet, serta peningkatan latensi. Ketidakseimbangan antara kapasitas jaringan dan kebutuhan pengguna membuat performa sistem komunikasi menjadi tidak optimal, sehingga mengganggu keberlangsungan aktivitas digital yang memerlukan koneksi stabil dan cepat.

1.2.3 Aspek Pendidikan

Dalam konteks pendidikan tinggi yang telah bertransformasi ke arah digital, kualitas jaringan komunikasi menjadi faktor yang sangat krusial dalam mendukung proses pembelajaran. Telkom University sendiri telah mengadopsi berbagai sistem digital seperti *Learning Management System* (LMS) dan iGracias untuk menunjang kegiatan akademik. Ketergantungan terhadap platform digital ini menuntut ketersediaan jaringan yang handal dan tanpa gangguan. Namun, ketika koneksi jaringan tidak stabil akses terhadap materi kuliah, video pembelajaran, forum diskusi daring, maupun data akademik menjadi terganggu. Hal ini dapat menurunkan partisipasi aktif mahasiswa, menghambat penyampaian materi oleh dosen, serta berdampak pada pencapaian hasil belajar yang seharusnya optimal [2]. Dalam jangka panjang, kualitas layanan jaringan yang buruk dapat memengaruhi persepsi mahasiswa terhadap mutu penyelenggaraan pendidikan, dan pada akhirnya berpengaruh terhadap reputasi institusi secara keseluruhan.

1.2.4 Aspek Keamanan Infrastruktur Komunikasi

Keamanan infrastruktur komunikasi menjadi aspek penting yang tidak dapat diabaikan, terutama pada sistem jaringan yang masih berbasis kabel fisik. Instalasi kabel terbuka yang menggantung di udara atau ditanam dalam gorong-gorong rawan terhadap berbagai bentuk gangguan fisik, seperti kerusakan akibat cuaca ekstrem, tekanan dari kendaraan, pengerukan tanah, hingga tindakan vandalisme atau pencurian kabel. Kerusakan fisik ini tidak hanya menimbulkan gangguan layanan, tetapi juga berpotensi menyebabkan kehilangan data atau

interupsi aktivitas jaringan dalam skala besar [1]. Selain itu, kabel yang terekspos juga lebih sulit diamankan dari potensi penyadapan atau kebocoran informasi. Untuk menjaga kestabilan dan keamanan jaringan kabel, diperlukan upaya pengamanan fisik yang ketat dan sistem monitoring yang terus-menerus. Hal ini kembali menambah kompleksitas dan biaya operasional.

1.3 Analisis Solusi yang Ada

1.3.1 Analisa Solusi Menggunakan Teknologi Optik

Teknologi komunikasi berbasis optic telah lama digunakan sebagai solusi utama dalam membangun jaringan berkecepatan tinggi karena kemampuannya dalam mentransmisikan data secara stabil dengan latensi yang sangat rendah. Namun, dalam konteks lingkungan kampus yang kompleks seperti Gedung Tokong Nanas pemasangan kabel fiber seringkali menghadapi kendala teknis dan estetika. Penataan kabel yang tidak terstruktur dapat mengganggu tampilan visual kampus, serta rentan terhadap gangguan fisik akibat cuaca, aktivitas pembangunan, atau kerusakan tidak disengaja. Selain itu, proses instalasi jaringan kabel, yang melibatkan penggalian, penyambungan (*splicing*), dan konfigurasi perangkat keras, memerlukan waktu dan biaya yang signifikan, serta memiliki keterbatasan dalam fleksibilitas pengembangan jangka panjang.

Teknologi *Free-Space Optics* (FSO) muncul sebagai solusi inovatif yang menggabungkan keunggulan jaringan fiber optik dengan fleksibilitas sistem nirkabel. Menurut Garlinska dkk penelitian berjudul “*From Mirrors to Free-Space Optical Communication—Historical Aspects in Data Transmission*” berfokus pada, FSO menawarkan *bandwidth* besar, latensi rendah, dan keamanan transmisi tinggi karena menggunakan pancaran laser yang fokus dan sulit untuk disadap. Selain keunggulan performa tersebut, teknologi FSO juga memungkinkan instalasi yang lebih cepat dan biaya awal yang relatif lebih rendah dibandingkan sistem fiber optik konvensional, terutama pada area dengan hambatan fisik atau struktur gedung yang kompleks [11]. Penerapan teknologi ini tetap memerlukan analisis menyeluruh terhadap faktor lingkungan seperti cuaca dan jalur pandang langsung (*line-of-sight*) agar sistem dapat berfungsi secara optimal dan berkelanjutan.

1.3.2 Analisa Solusi Menggunakan Teknologi Wifi

WiFi merupakan salah satu teknologi jaringan nirkabel yang paling umum digunakan di lingkungan akademik karena kemudahan instalasi, fleksibilitas penggunaan, dan kemampuan mobilitas yang tinggi. Teknologi ini memanfaatkan gelombang radio sebagai media transmisi, sehingga tidak memerlukan kabel fisik antar perangkat. Keunggulan ini menjadikan WiFi

sangat cocok untuk diterapkan di gedung bertingkat seperti Gedung Tokong Nanas yang memiliki banyak ruangan dan zona aktivitas. Namun tantangan utama terletak pada tingginya jumlah perangkat yang terhubung secara bersamaan yang dapat menurunkan performa jaringan apabila tidak diimbangi dengan standar teknologi yang tepat dan penempatan *access point* yang strategis.

Seiring perkembangan kebutuhan, standar WiFi telah berkembang dari WiFi 4 hingga WiFi 6, dengan masing-masing menawarkan peningkatan signifikan dalam kecepatan, efisiensi spektrum, dan kapasitas koneksi. WiFi 6 (802.11ax) secara khusus dirancang untuk menangani lingkungan padat pengguna dengan mengimplementasikan teknologi Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) dan MU-MIMO. Menurut Avallone dkk penelitian berjudul “*Will OFDMA Improve the Performance of 802.11 WiFi Networks?*”, penerapan OFDMA terbukti mampu menurunkan latensi dari sekitar 5 ms menjadi di bawah 1 ms dalam kondisi jaringan tidak jenuh, serta meningkatkan total throughput lebih dari 10%. Selain itu peningkatan performa uplink juga tercatat hingga 35% pada skenario dengan jarak transmisi yang lebih jauh [12]. Dengan keunggulan tersebut, WiFi 6 menjadi solusi yang sangat relevan untuk meningkatkan kualitas jaringan nirkabel di Gedung Tokong Nanas, khususnya dalam mendukung konektivitas tinggi yang dibutuhkan oleh mahasiswa dan staf akademik dalam aktivitas digital sehari-hari.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Ruang lingkup pekerjaan dalam tugas akhir ini mencakup studi dan analisis terkait kebutuhan konektivitas di Gedung Tokong Nanas, meliputi evaluasi trafik data, jumlah pengguna, serta proyeksi peningkatan aktivitas pembelajaran digital yang membutuhkan kapasitas bandwidth yang besar dan cakupan sinyal yang luas. Selanjutnya, dilakukan perancangan sistem jaringan *backbone* berbasis *Free-Space Optic* (FSO) yang berfungsi sebagai alternatif atau pelengkap jaringan kabel konvensional, dengan mempertimbangkan aspek teknis seperti jarak antara pemancar dan penerima (*link distance*), daya pancar, serta sensitivitas penerima agar sesuai dengan kondisi lingkungan kampus. Sistem FSO ini kemudian diintegrasikan dengan jaringan akses nirkabel, khususnya WiFi, melalui perancangan topologi yang menjamin konektivitas indoor yang merata dan andal. Pemilihan perangkat *Access Point* serta pengaturan frekuensi dan cakupan sinyal dioptimalkan untuk mengatasi kendala fisik yang disebabkan oleh struktur bangunan, seperti dinding beton yang tebal. Selain itu, dilakukan perhitungan kapasitas jaringan dan

perencanaan cakupan dengan menggunakan Model Propagasi COST-231 Multiwall Indoor untuk memperkirakan *path loss* dan menentukan posisi optimal untuk penempatan *Access Point*, sekaligus mempertimbangkan gangguan lingkungan, termasuk redaman sinyal akibat beton dan pengaruh kondisi cuaca terhadap performa link FSO. Pada tahap akhir, sistem yang dirancang disimulasikan dan diuji performanya secara menyeluruh untuk memastikan bahwa rancangan dapat memenuhi kebutuhan jangkauan, kecepatan, dan kestabilan koneksi sesuai target yang telah ditetapkan. Hasil dari rancangan ini akan menjadi dasar bagi rekomendasi teknis dan strategi pengembangan jaringan komunikasi yang bersifat scalable, efisien, dan andal guna mendukung pertumbuhan ekosistem pembelajaran digital di lingkungan kampus pada masa yang akan datang.

1.5 Batasan Tugas Akhir

Penelitian ini memiliki sejumlah batasan yang ditetapkan untuk memperjelas ruang lingkup perancangan dan menjaga fokus pembahasan agar sesuai dengan tujuan utama yang ingin dicapai. Adapun batasan-batasan tersebut dijabarkan dalam beberapa aspek berikut:

1.5.1 Wilayah Perencanaan

Perancangan jaringan dalam penelitian ini terbatas pada jalur konektivitas dari Sentral Telepon Otomat (STO) Cijawura sebagai titik awal transmisi data, dilanjutkan melalui satu atau lebih titik hop (sebagai *relay* optik) menuju Gedung Pusat Teknologi Informasi (PuTI), dan diteruskan ke Gedung Tokong Nanas (Gedung Kuliah Umum Telkom University). Kajian hanya difokuskan pada titik-titik yang memiliki kemungkinan jalur komunikasi berbasis *line-of-sight* (LoS). Area di luar lintasan tersebut, termasuk gedung atau zona kampus lainnya, tidak termasuk dalam cakupan penelitian ini.

1.5.2 Teknologi Jaringan Optik

Penelitian ini menggunakan dua jenis teknologi jaringan optik, yaitu *Free-Space Optic* (FSO) sebagai media transmisi nirkabel antar gedung, dan *Fiber to the Building* (FTTB) untuk distribusi jaringan kabel optik di dalam Gedung Tokong Nanas. Parameter teknis yang dianalisis mencakup *bit error rate* (BER), *Q-Factor*, *Signal-To-Noise Ratio* (SNR), dan *link Power budget* pada kedua media. Faktor eksternal seperti kondisi cuaca yang memengaruhi performa FSO turut menjadi bagian dari kajian.

1.5.3 Layanan Akses Nirkabel (Wi-Fi 6)

Perancangan jaringan akses nirkabel dalam gedung difokuskan pada penggunaan teknologi Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax) karena kemampuannya dalam memberikan kecepatan tinggi, efisiensi kanal, serta kapasitas besar pada lingkungan dengan kepadatan pengguna yang tinggi. Evaluasi dilakukan terhadap parameter seperti throughput, jangkauan sinyal, dan efisiensi spektrum. Teknologi jaringan nirkabel lainnya seperti Wi-Fi 4, Wi-Fi 5, jaringan seluler (4G/5G), atau jaringan kabel LAN tidak termasuk dalam lingkup perancangan dan analisis.

1.5.4 Kelayakan Finansial

Analisis kelayakan finansial dilakukan dengan pendekatan evaluasi investasi menggunakan indikator *Net Present Value* (NPV) dan *Internal Rate of Return* (IRR). Estimasi biaya mencakup perangkat keras utama, biaya instalasi, serta operasional awal. Proyeksi pendapatan dihitung berdasarkan asumsi jumlah pengguna dan tarif layanan tertentu di dalam gedung. Penelitian ini tidak mencakup variabel ekonomi lanjutan seperti depresiasi aset, pengaruh inflasi, kewajiban perpajakan, ataupun keterlibatan pihak ketiga seperti investor dan lembaga pembiayaan eksternal.