

Analisis Perbandingan Cakupan WiFi *Outdoor Existing* dengan Skenario hasil Simulasi dan di Telkom University

1st Rangga Fadhillah Akbar

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

ranggafadhillaha@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Uke Kurniawan Usman

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

ukeusman@telkomuniversity.ac.id

3rd Sakti Putro Wisetyo

Fakultas Teknik Elektro

Universitas Telkom

Bandung, Indonesia

saktiwizz@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penelitian ini bertujuan merencanakan perluasan cakupan jaringan WiFi outdoor di Telkom University dengan mempertimbangkan propagasi sinyal, infrastruktur, dan struktur jaringan wireless. Metode yang digunakan mencakup walk test untuk mengevaluasi cakupan sinyal, simulasi cakupan dan interferensi, dengan parameter pathloss, RSSI, dan EIRP. Hasil analisis menunjukkan bahwa rencana perluasan cakupan WiFi mencakupi dua parameter utama, dengan spesifikasi yang sesuai target. Nilai rata-rata RSSI sebesar -34 dBm dan EIRP sebesar 34 dBm memenuhi spesifikasi perencanaan. Implementasi skenario ini memperluas cakupan sinyal WiFi di area yang sebelumnya tidak tercakupi, seperti kantin dekat Gedung TULT, selasar asrama TULT, parkir Gedung GKU, joglo, kandang burung merak, selasar Gedung Pasca Sarjana, selasar Gedung Student Center, lapangan tenis, dan selasar depan Gedung Fakultas Komunikasi dan Bisnis. Kesimpulan utama adalah perencanaan ini efektif meningkatkan cakupan dan kualitas sinyal WiFi outdoor di Telkom University, mendukung kebutuhan konektivitas yang lebih luas di area kampus.

Kata kunci— WiFi Outdoor, Link Budget, Pathloss, Cakupan Sinyal WiFi, Perencanaan Jaringan WLAN.

I. PENDAHULUAN

Akses internet yang cepat dan andal sangat diperlukan agar setiap individu dapat berselancar di dunia maya dengan nyaman. Mahasiswa, misalnya, membutuhkan internet untuk belajar dan bersosial media. WiFi adalah teknologi nirkabel yang mampu menyediakan akses internet dengan bandwidth besar. Teknologi ini memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan mencari, membagi, mengunggah, atau mengunduh informasi dalam bentuk video, gambar, suara, dan teks.[1]

Layanan WiFi di Telkom University tersedia hampir di setiap lokasi, baik di dalam ruangan (indoor) maupun di luar ruangan (outdoor). WiFi outdoor menjadi pilihan bagi mahasiswa untuk terhubung ke internet di luar ruangan, selain menggunakan jaringan seluler. Hal ini disebabkan oleh banyaknya kegiatan mahasiswa di luar ruangan, seperti acara himpunan, wisuda, dan berbagai acara kampus lainnya. Meskipun demikian, masih ada beberapa area di sekitar luar ruangan Telkom University yang tidak memiliki sinyal WiFi outdoor karena jumlah perangkat keras Access Point (AP) outdoor yang masih terbatas. Saat ini hanya terdapat 6 AP yang bertugas menghubungkan perangkat dengan layanan

WiFi, namun belum tersebar merata di berbagai lokasi tempat mahasiswa aktif di luar ruangan.

Berdasarkan hasil uji coba lapangan (*Walk Test*), diperlukan perencanaan untuk memperluas cakupan jaringan WiFi outdoor di beberapa lokasi agar dapat mencakup jaringan WiFi outdoor di lokasi tersebut. Namun, masih ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam perencanaannya, seperti karakteristik propagasi jaringan nirkabel, infrastruktur, dan struktur jaringan wireless seperti Access Point (AP), area cakupan, Free Space Loss, dan nilai RSSI.[2] Kualitas jaringan WiFi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jarak, hambatan fisik, dan interferensi dengan perangkat radio lainnya.[1]

II. KAJIAN TEORI

Kajian teori adalah elemen krusial dalam memahami fondasi ilmiah yang mendasari. Bagian ini akan membahas beberapa parameter yang digunakan.

A. Walk Test

Walk Test (*Drive Test*) adalah suatu teknik untuk mengevaluasi kualitas layanan dan kekuatan sinyal dari sebuah operator jaringan komunikasi seluler, yang memberikan data tentang kualitas jaringan di lokasi yang sedang diuji.[3]

B. Pathloss

Path loss adalah pelemahan daya sinyal yang terjadi ketika sinyal dikirim dari stasiun pemancar (TX) ke stasiun penerima (RX).[4] Di samping itu, ini juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tempat jaringan tersebut beroperasi.[5] Path loss terjadi karena tiga faktor utama, yaitu pantulan, difraksi, dan penyebaran secara acak dalam lingkungan yang mempengaruhi perjalanan sinyal antara pemancar (TX) dan penerima(RX).[6] Dalam melakukan perhitungan path loss, menggunakan dua metode, yaitu Free Space Loss (FSL) dan Huawei Path Loss, yang digunakan untuk mengestimasi pelemahan daya sinyal. Karena model tersebut dipilih karena kedua model menggunakan band frekuensi yang mencakupi 2.4 GHz dan 5 GHz.

- Free Space Loss

$$PL_{FSL} = 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) + 32.45 \quad (1)$$

Keterangan:

PL_{FSL} = Nilai *Pathloss* (dB)
 d = Jarak *transmitter* ke *receiver* (Km)
 f = Besar frekuensi (MHz)

- Huawei Pathloss

$$NPL_H = 42.6 + 26Log_{10}(d) + 20Log_{10}(f) \quad (2)$$

Keterangan:

PL_H = Nilai *Pathloss* (dB)
 d = Jarak *transmitter* ke *receiver* (Km)
 f = Besar Frekuensi (MHz)

C. Receive Signal Strength Indicator (RSSI)

RSSI (Received Signal Strength Indicator) adalah metrik yang digunakan untuk mengukur kekuatan sinyal yang diterima oleh perangkat penerima dari stasiun pemancar dalam sebuah jaringan nirkabel. Nilai RSSI memberikan indikasi tentang seberapa kuat atau lemahnya sinyal yang diterima, diukur dalam bentuk angka negatif. Semakin tinggi nilai RSSI (nilai yang lebih dekat ke nol dalam skala negatif), semakin kuat kekuatan sinyal yang diterima oleh perangkat. RSSI digunakan untuk mengevaluasi kualitas koneksi dan performa jaringan WiFi secara umum.[7]

$$RSSI = PT_x + GT_x - P_L - \text{Attenuation Caused By Obstacles} + GR_x \quad (3)$$

Keterangan

RSSI = *Received Signal Strength Indicator* (dBm)
 PT_x = Daya transmisi AP (dBm)
 GT_x = Gain antenna AP (dBi)
 GR_x = Gain antenna UE (dBi)
 P_L = *Pathloss* (dBm)

D. Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

EIRP (Effective Isotropic Radiated Power) adalah ukuran efektif daya total yang dipancarkan oleh antenna dalam suatu sistem komunikasi nirkabel. Ini mencakup nilai gain antenna pemancar (GT_x) dan daya pemancar (PT_x), dikurangi dengan rugi-rugi yang terjadi pada pemancar (LT_x). EIRP penting dalam menentukan kekuatan sinyal yang efektif dari suatu sistem, dan sering digunakan dalam perencanaan dan regulasi jaringan komunikasi nirkabel.[8]

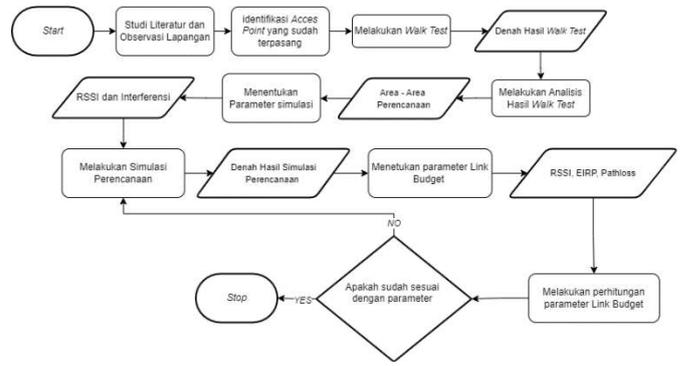
$$EIRP = P_t + G_t - L_t \quad (1)$$

Keterangan

$EIRP$ = Nilai EIRP (dBm)
 P_t = Daya *transmitter* (dBm)
 G_t = Gain antenna (dBi)
 L_t = Loss *transmitter* (dB)

III. METODE

Bab ini membahas metode yang digunakan dalam perencanaan perluasan cakupan WiFi outdoor di Telkom University. Metode ini terdiri dari tiga tahapan utama: melakukan walk test, membuat simulasi, dan perhitungan link budget.

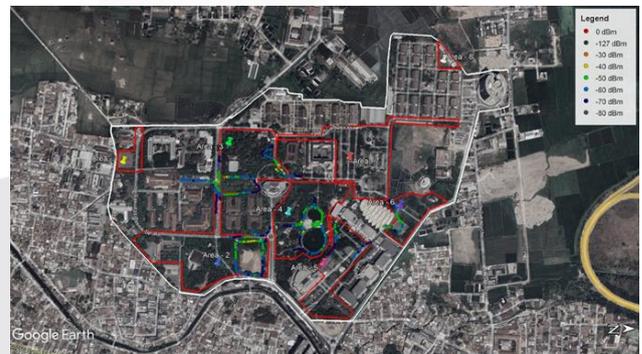


GAMBAR 1
Flowchart Tahapan Perencanaan

Pada gambar 1, menampilkan flowchart yang menjadi alur perencanaan yang menggambarkan langkah-langkah yang dilakukan dalam proyek perluasan cakupan WiFi outdoor di Telkom University.

A. Melakukan Walk Test/Drive Test

Melakukan walk test di daerah outdoor di Telkom University menggunakan aplikasi GNet WiFi adalah proses sistematis untuk mengevaluasi cakupan dan kekuatan sinyal WiFi. Ini melibatkan berjalan-jalan di sekitar kampus dengan menggunakan perangkat yang terhubung ke jaringan WiFi dan mengukur kualitas sinyal dengan aplikasi GNet WiFi. Tujuannya adalah untuk memetakan area dengan sinyal kuat dan lemah, mengidentifikasi titik-titik dengan potensi interferensi atau gangguan, serta menilai kualitas layanan WiFi di berbagai lokasi outdoor seperti lapangan, area parkir, dan sekitar gedung-gedung kuliah. Hasil walk test digunakan untuk optimalisasi penempatan Access Point (AP), merencanakan perluasan jaringan, dan meningkatkan kualitas layanan WiFi secara keseluruhan di Telkom University.



GAMBAR 2.
Hasil Walk Test

Pada gambar 2 menampilkan hasil Walk Test/Drive Test pada kondisi existing, masih terdapat banyak area yang tidak mendapat cakupan dari WiFi Outdoor seperti di area yang sering di kunjungi oleh mahasiswa – mahasiswa telkom university. Seperti daerah joglo, sekitar GKU (Gedung Kuliah Umum), Sekitar TULT (Telkom University Landmark Tower), dan sekitar Student Center. Dari hasil walk test dalam perencanaan ini di bagi menjadi 8 area yang di prioritaskan seperti pada gambar 3.



GAMBAR 3. Area Prioritas

- Pada gambar 3 menampilkan 8 area yang di prioritaskan yang menjadi area utama yang di fokuskan untuk melakukan perencanaan Perluasan cakupan ini, 8 area tersebut meliputi
1. Area 1 - Lapangan tenis dan Student Center,
 2. Area 2 - Lintasan jogging dan halaman depan Masjid Syamsul 'Ulum,
 3. Area 3 - Joglo dan Kandang Merak,
 4. Area 4 - Danau galau dan sekitarnya,
 5. Area 5 - Halaman depan Gedung Fakultas Komunikasi dan Bisnis,
 6. Area 6 - Halaman depan gedung TUCH (Telkom University Convention Hall) dan BTP (Bandung Techno Park),
 7. Area 7 - tempat parkir di dekat gedung GKU dan halaman depan asrama,
 8. Area 8 - kantin di dekat gedung TULT.

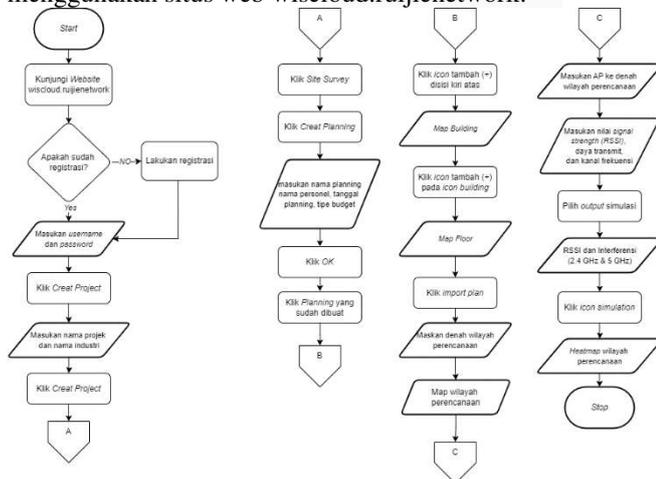


GAMBAR 5. Kondisi Existing dalam simulasi

Dalam gambar 5 menjelaskan di Telkom University, saat ini terdapat 6 Access Point (AP) outdoor yang sudah terpasang dan tersebar di beberapa lokasi. Namun, 6 Acces Point (AP) tersebut belum mampu mencakup semua area outdoor di Telkom University, seperti yang terlihat pada hasil simulasi. Oleh karena itu, solusi yang diambil adalah melakukan perencanaan yang memprioritaskan 8 area yang telah ditentukan pada tahap walk test. Hasil dari simulasi ini kemudian digunakan untuk membandingkan dan mengevaluasi kondisi existing. Dengan demikian, dapat ditemukan strategi yang optimal untuk meningkatkan cakupan dan kualitas sinyal WiFi di seluruh area kampus. Dengan spesifikasi Acces Point yang berbeda dengan kondisi existing di dapat hasil simulasi seperti pada gambar 6.

B. Simulasi

Pada tahap ini, pembuatan simulasi dilakukan menggunakan situs web wiscloud.ruijienetwork.



GAMBAR 4. Flowchart Simulasi

Gambar 4 menampilkan flowchart untuk melakukan simulasi ini, akan dilakukan analisis terhadap AP (acces Point) yang sudah ada, serta menambahkan AP baru untuk mendapatkan perencanaan cakupan yang optimal. Tujuannya adalah untuk memastikan cakupan jaringan yang maksimal dan efisien di area yang diinginkan. Pada gambar 4 menampilkan kondisi existing yang sudah di buat dalam simulasi.



GAMBAR 6. Gambar hasil simulasi

Pada gambar 6 menampilkan hasil dari simulasi yang dibuat untuk menutupi 8 area utama yang di prioritaskan, dari hasil simulasi itu terdapat 13 Acces Point (AP) dengan pengaturan yang sudah dilakukan.

C. Perhitungan Link Budget

Perhitungan link budget bertujuan untuk menentukan nilai RSSI berdasarkan dua model pathloss yang berbeda, yaitu Free Space Loss (FSL) dan Huawei, dari jarak antara Access Point (AP) dan receiver yang bervariasi. Selain itu, perhitungan ini juga mencakup nilai RSSI dan EIRP dari skenario yang dievaluasi. Pengukuran ini di ukur dengan jarak yang berbeda mulai dari 10 meter, 50 meter, 100 meter, 150 meter dan 200 meter. Berikut hasil dari perhitungannya.

TABEL 1
Hasil Rata – Rata Pathloss FSL Frekuensi 2.4 GHz

Pathloss Model Free Space Loss Pada Band Frekuensi 2.4 GHz			
Free space loss pathloss	Frekuensi(MHz)		
	2412	2437	2462
10 Meter	60	60	60
50 Meter	74	74	74
100 Meter	80	80	80
150 Meter	84	84	84
200 Meter	86	86	86

Tabel 1 menampilkan hasil perhitungan pathloss menggunakan model Huawei pada frekuensi 2.4 GHz dengan jarak 10 meter, 50 meter, 100 meter, 150 meter, dan 200 meter. Dapat dilihat hasil dari pathloss semakin jauh jaraknya maka akan besar nilainya. Misalnya, pada frekuensi 2412 MHz, nilai pathloss pada jarak 10 meter adalah 60 dB, sedangkan pada jarak 200 meter mencapai 86 dB.

TABEL 2
Hasil Rata – Rata Pathloss FSL Frekuensi 5 GHz

Pathloss Model Free Space Loss Pada Band Frekuensi 5 GHz					
Free space loss pathloss	Frekuensi(MHz)				
	5745	5765	5785	5805	5825
10 Meter	62	62	62	62	62
50 Meter	82	82	82	82	82
100 Meter	88	88	88	88	88
150 Meter	91	91	91	91	91
200 Meter	98	98	98	98	98

Tabel 2 menampilkan hasil perhitungan pathloss menggunakan model Free Space Loss pada frekuensi 5 GHz dengan jarak 10 meter, 50 meter, 100 meter, 150 meter, dan 200 meter. Dapat dilihat hasil dari pathloss semakin jauh jaraknya maka akan besar nilainya. Contohnya, pada frekuensi 5745 MHz, nilai pathloss pada jarak 10 meter adalah 62 dB, sementara pada jarak 200 meter meningkat menjadi 98 dB.

TABEL 3
Hasil Rata – Rata Pathloss Huawei Frekuensi 2.4 GHz

Pathloss Model Huawei Pada Band Frekuensi 2.4 GHz			
Free space loss pathloss	Frekuensi(MHz)		
	2412	2437	2462
10 Meter	58	58	58
50 Meter	76	77	77
100 Meter	84	84	84
150 Meter	89	89	89
200 Meter	92	92	92

Tabel 3 menampilkan hasil perhitungan pathloss menggunakan model Huawei pada frekuensi 2,4 GHz dengan jarak 10 meter, 50 meter, 100 meter, 150 meter, dan 200 meter. Dapat dilihat hasil dari pathloss semakin jauh jaraknya maka akan besar nilainya. Contohnya, pada frekuensi 2412 MHz, nilai pathloss pada jarak 10 meter adalah 58 dB, sementara pada jarak 200 meter meningkat menjadi 92 dB.

TABEL 4
Hasil Rata – Rata Pathloss Huawei Frekuensi 5 GHz

Pathloss Model Free Space Loss Pada Band Frekuensi 5 GHz					
Free space loss pathloss	Frekuensi(MHz)				
	5745	5765	5785	5805	5825
10 Meter	66	66	66	66	66
50 Meter	84	84	84	84	84
100 Meter	92	92	92	92	92
150 Meter	96	96	96	96	96
200 Meter	100	100	100	100	100

Tabel 4 menampilkan hasil perhitungan pathloss menggunakan model Huawei pada frekuensi 5 GHz dengan jarak 10 meter, 50 meter, 100 meter, 150 meter, dan 200 meter. Dapat dilihat hasil dari pathloss semakin jauh jaraknya maka akan besar nilainya. Contohnya, pada frekuensi 5745 MHz, nilai pathloss pada jarak 10 meter adalah 66 dB, sementara pada jarak 200 meter meningkat menjadi 100 dB.

TABEL 5
Hasil Rata – Rata perhitungan RSSI Huawei Pathloss

Rata-Rata RSSI Band Frekuensi 2.4 GHz & 5 GHz Pathloss Huawei			
Skenario		Existing	Hasil Simulasi
10 Meter	2.4 GHz	-34	-40
	5 GHz	-40	-34
50 Meter	2.4 GHz	-52	-58
	5 GHz	-58	-52
100 Meter	2.4 GHz	-60	-66
	5 GHz	-66	-60
150 Meter	2.4 GHz	-65	-70
	5 GHz	-70	-64
200 Meter	2.4 GHz	-68	-73
	5 GHz	-74	-68

Tabel 5 menampilkan hasil perhitungan RSSI menggunakan model Huawei pada frekuensi 2,4 GHz dan 5 GHz dengan jarak 10 meter, 50 meter, 100 meter, 150 meter, dan 200 meter. Terlihat bahwa nilai RSSI semakin kecil seiring bertambahnya jarak antara AP dan receiver. Sebagai contoh, pada Existing dengan frekuensi 2,4 GHz, nilai RSSI pada jarak 10 meter adalah -34 dBm, sedangkan pada jarak 200 meter nilai RSSI menurun menjadi -68 dBm.

TABEL 6
Hasil Rata – Rata perhitungan RSSI Free Space Loss

Rata-Rata RSSI Band Frekuensi 2.4 GHz & 5 GHz <i>Pathloss Free Space Loss</i>			
Skenario		Existing	Hasil Simulasi
10 Meter	2.4 GHz	-36	-41
	5 GHz	-50	-55
50 Meter	2.4 GHz	-50	-55
	5 GHz	-56	-50
100 Meter	2.4 GHz	-56	-61
	5 GHz	-62	-56
150 Meter	2.4 GHz	-60	-65
	5 GHz	-65	-59
200 Meter	2.4 GHz	-62	-67
	5 GHz	-68	-62

Tabel 6 menampilkan hasil perhitungan RSSI menggunakan model Free Space Loss pada frekuensi 2,4 GHz dan 5 GHz dengan jarak 10 meter, 50 meter, 100 meter, 150 meter, dan 200 meter. Terlihat bahwa nilai RSSI semakin kecil seiring bertambahnya jarak antara AP dan receiver. Sebagai contoh, pada Existing dengan frekuensi 2,4 GHz, nilai RSSI pada jarak 10 meter adalah -36 dBm, sedangkan pada jarak 200 meter nilai RSSI menurun menjadi -62 dBm. Standar parameter RSSI berdasarkan TIPHON

TABEL 7
Kategori Nilai RSSI

Kategori	Nilai RSSI (dBm)
<i>Very Good</i>	> -70
<i>Good</i>	-70 s/d -85
<i>Moderate</i>	-86 s/d -100
<i>Bad</i>	-100

Tabel 7 menampilkan kategori RSSI dari standar TIPHON[9]

Tabel 8
Hasil Rata – Rata perhitungan EIRP 2.4 GHz dan 5GHz

Perhitungan Nilai Rata-Rata EIRP 2.4 GHz & 5 GHz			
Skenario	Nilai EIRP 2.4 GHz (dBm)	Nilai EIRP 5 GHz (dBm)	Batas Standar EIRP (dBm)
1	25	27	36
4-B	19	32	36

Pada tabel 8 didapatkan nilai rata-rata EIRP di band frekuensi 2.4 GHz dan 5 GHz masih dibawah standar EIRP yaitu 36 dBm. Standar EIRP didasarkan pada Peraturan Menteri Kominfo Indonesia Nomor 1 Tahun 2019 tentang penggunaan spektrum frekuensi radio berdasarkan izin kelas.[10] Menurut peraturan tersebut, standar EIRP ditetapkan sebesar 36 dBm

TABEL 9
Hasil Rekapitulasi

Skenario	Spesifikasi	Hasil Pengujian		Standar	Keterangan
Existing	Frekuensi	2.4 GHz	5 GHz	2.4 & 5 GHz	Sudah sesuai standar
	RSSI (dBm)	-68	-74	-75	Sudah sesuai standar (<= -75 dBm)
	EIRP (dBm)	25	27	36	Sudah sesuai standar (<= 36 dBm)
	Model Pathloss	FSL & Huawei	FSL & Huawei	FSL & Huawei	Sudah sesuai standar
Hasil Simulasi	Frekuensi	2.4 GHz	5 GHz	2.4 & 5 GHz	Sudah sesuai standar
	RSSI	-73	-68	-75	Sudah sesuai standar (<= -75 dBm)
	EIRP	19	32	36	Sudah sesuai standar (<= 36 dBm)
	Model Pathloss	FSL & Huawei	FSL & Huawei	FSL & Huawei	Sudah sesuai standar

IV. KESIMPULAN

Pada kondisi existing, hanya terdapat 8 AP yang terpasang, sehingga hanya beberapa tempat saja yang mendapatkan cakupan dari WiFi outdoor. Nilai rata-rata RSSI paling besar adalah -74 dBm frekuensi 5 GHz dan nilai rata-rata EIRP paling besar adalah 32 dBm, yang sudah sesuai dengan spesifikasi perancangan. Namun hasil RSSI hanya memberi perhitungan secara ril saja, karna dalam konteks ini membahas Perluasan cakupan, hasil simulasi menunjukkan bahwa diperlukan 13 AP untuk mencakup semua area yang diprioritaskan. Hasil simulasi ini menunjukkan bahwa perencanaan tersebut berhasil memperluas cakupan sinyal WiFi outdoor dengan menambah AP di area outdoor Telkom University. Beberapa area yang kini tercakupi meliputi kantin dekat Gedung TULT, halaman depan asrama TULT, parkir Gedung GKU, joglo, kandang burung merak, halaman depan Gedung Pascasarjana, halaman depan Gedung Student Center, lapangan tenis, dan halaman depan Gedung Fakultas Komunikasi dan Bisnis.

REFERENSI

- [1] Irvansyah N, “ANALISA KUAT JARINGAN WIFI (RSSI) GEDUNG FISIKA A LANTAI BAWAH FMIPA,” 2018.
- [2] P. Titahningsih, R. Primananda, and S. R. Akbar, “Perancangan Penempatan Access Point untuk

- Jaringan Wifi Pada Kereta Api Penumpang,” 2018. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [3] Y. R. Yungka and D. C. Widiyanto, “4G LTE NETWORK WALK TEST ANALYSIS USING ANDROID APPLICATION G-NET TRACK ON SWCU FTI BUILDING,” *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*, vol. 4, no. 2, pp. 441–448, Mar. 2023, doi: 10.52436/1.jutif.2023.4.2.727.
- [4] S. I. Popoola *et al.*, “Determination of neural network parameters for path loss prediction in very high frequency wireless channel,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 150462–150483, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2947009.
- [5] O. A. F. F. M. W. A. B. Sukemi Sukemi, “Path Loss Prediction Accuracy Based On Random Forest Algorithm in Palembang City Area,” 2023.
- [6] Y. Zhang, J. Wen, G. Yang, Z. He, and J. Wang, “Path loss prediction based on machine learning: Principle, method, and data expansion,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 9, no. 9, May 2019, doi: 10.3390/app9091908.
- [7] S. Nauvaldi, F. T. Pontia, and N. Tjahjamoonsih, “ANALYSIS OF WI-FI NETWORK QUALITY IN BUILDING,” *Telecommunications, Computers, and Electricals Engineering Journal*, vol. 1, no. 1, p. 13, Jun. 2023, doi: 10.26418/telectrical.v1i1.69799.
- [8] K. J. Komputer, I. Teknologi, and D. T. Elektro, “Perancangan Sistem Komunikasi Gelombang Mikro Link Banda Aceh-Pulo Aceh Dengan Teknik Space Diversity Menggunakan Pathloss 5.0,” 2022.
- [9] F. A. Karima and A. M. Shiddiqi, “Optimization of Access Point Positioning on Wi-Fi Networks Using the K-Means Clustering Method,” *IPTEK The Journal for Technology and Science*, vol. 33, no. 1, p. 13, May 2022, doi: 10.12962/j20882033.v33i1.12402.
- [10] Menteri Komunikasi dan Informatika, “Permen Kominfo Nomor 1 Tahun 2019,” *Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia*, 2019TANJUNGPURA UNIVERSITY LIBRARY