

ANALYSIS OF PATH LOSS IN 802.11AC DATA COMMUNICATION AT 5.8 GHZ FREQUENCY IN PADANG CITY

ANALISIS PATH LOSS KOMUNIKASI DATA 802.11AC PADA FREKUENSI 5,8 GHZ DI KOTA PADANG

Teddy Yuliswar¹, Ikhwana Elfutri², Onno W Purbo³

^{1,2} Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia

³ Institut Teknologi Tangerang Selatan (ITTS), Kota Tangerang Selatan, Banten, Indonesia
Email: 2120952005_Teddy@student.unand.ac.id, ikhwana@eng.unand.ac.id², onno@indo.net.id³

Abstract - This research aims to analyze path loss in data communication using the 802.11ac standard at a frequency of 5,185 MHz in the city of Padang. We collected data on environmental parameters, including air temperature ranging from 24.44°C to 31.11°C, relative humidity between 77% and 96%, dew point from 24.4°C to 26.11°C, and wind speed, over a period of four consecutive weeks. Additionally, we measured technical network parameters like signal strength, noise, and throughput at a 1.5 km distance between two towers, each measuring 28 meters and 25 meters in height. Environmental conditions, particularly humidity and wind speed, influence path loss, according to the research results. In the measurement, the received signal varies from -44 dBm to -49 dBm, while the noise is in the range of -90 dBm to -92 dBm. The throughput generated also varies between 259.2 Mbps and 295.2 Mbps. We discovered that high humidity and low wind speed lead to an increase in throughput, suggesting that weather conditions influence the quality of data transmission. This research provides important insights into the planning and optimization of 802.11ac wireless networks in urban areas, particularly for improving service quality under various environmental conditions.

Keywords - Path Loss, 802.11ac, Frequency 5.185 MHz, Wireless Communication

Abstrak- Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis path loss dalam komunikasi data dengan standar 802.11ac pada frekuensi 5,185 MHz di Kota Padang. Pengukuran dilakukan selama empat minggu berturut-turut, dengan mengumpulkan data terkait parameter lingkungan, seperti suhu udara yang bervariasi antara 24,44°C hingga 31,11°C, kelembaban relatif yang berkisar antara 77% hingga 96%, titik embun antara 24,4°C hingga 26,11°C, serta kecepatan angin. Selain itu, parameter teknis jaringan seperti kekuatan sinyal, noise, dan throughput juga diukur pada jarak 1,5 km antara dua menara dengan tinggi masing-masing 28meter dan 25meter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa path loss dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, terutama kelembaban dan kecepatan angin. Dalam pengukuran, sinyal yang diterima bervariasi dari -44 dBm hingga -49 dBm, sedangkan noise berada pada rentang -90 dBm hingga -92 dBm. Throughput yang dihasilkan juga bervariasi antara 259,2 Mbps hingga 295,2 Mbps. Ditemukan bahwa throughput meningkat ketika kelembaban tinggi dan kecepatan angin rendah, yang mengindikasikan adanya pengaruh kondisi cuaca terhadap kualitas transmisi data. Penelitian ini memberikan wawasan penting dalam perencanaan dan optimasi jaringan nirkabel berbasis 802.11ac di area perkotaan, khususnya untuk meningkatkan kualitas layanan dalam berbagai kondisi lingkungan.

Kata Kunci - Path Loss, 802.11ac, Frekuensi 5,185 Mhz, Komunikasi Nirkabel

I. PENDAHULUAN

Dalam era digital saat ini, kebutuhan akan konektivitas internet yang cepat dan stabil semakin meningkat, seiring dengan meningkatnya penggunaan perangkat yang terhubung dan layanan berbasis internet[1]. Hal ini mendorong penyedia layanan internet (Internet Service Provider/ISP) untuk terus berinovasi dan meningkatkan infrastruktur jaringan mereka guna memenuhi permintaan pasar. Salah satu inovasi yang telah banyak diadopsi adalah penggunaan standar 802.11ac, yang beroperasi pada frekuensi 5 GHz, termasuk 5,185 MHz. Teknologi ini menawarkan kecepatan transmisi data yang tinggi dengan kapasitas yang lebih besar dibandingkan standar sebelumnya, seperti 802.11n[2]. Dengan kemampuan untuk mendukung bandwidth yang lebih luas, teknologi ini menjadi pilihan utama di wilayah-wilayah urban yang padat penduduk seperti Kota Padang, di mana kebutuhan akan akses internet yang cepat semakin penting[3]. Perkembangan ISP saat ini juga menunjukkan peningkatan dalam penerapan teknologi nirkabel untuk distribusi layanan internet, baik untuk keperluan perumahan maupun komersial. ISP kini berlomba-lomba menyediakan jaringan dengan kecepatan gigabit menggunakan serat optik dan teknologi nirkabel berbasis 5 GHz untuk memberikan akses yang cepat, terutama di lingkungan yang memiliki keterbatasan dalam implementasi jaringan kabel. Meskipun demikian, salah satu tantangan yang dihadapi oleh ISP adalah bagaimana mengoptimalkan jangkauan sinyal dan memastikan kualitas layanan (Quality of Service/QoS) tetap terjaga, terutama di daerah yang memiliki banyak penghalang fisik seperti gedung-gedung tinggi dan dinding beton.

Dalam konteks ini, analisis path loss atau kehilangan daya sinyal menjadi sangat penting. Path loss mengukur seberapa banyak daya sinyal yang hilang selama perjalanan dari pemancar ke penerima[4]. Faktor-faktor seperti suhu udara, kelembaban, titik embun, kecepatan angin, serta jarak dan penghalang fisik memainkan peran penting dalam menentukan besarnya path loss yang terjadi. Semakin besar path loss, semakin lemah sinyal yang diterima, yang berdampak pada penurunan kecepatan data (throughput) dan peningkatan kesalahan transmisi[5]. Oleh karena itu, memahami pengaruh faktor-faktor lingkungan terhadap path loss sangat penting bagi ISP dalam merancang dan mengelola jaringan nirkabel mereka untuk menjaga stabilitas dan kecepatan layanan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis path loss pada jaringan 802.11ac yang beroperasi pada frekuensi 5,185 MHz di Kota Padang selama periode empat minggu. Data yang dikumpulkan mencakup pengukuran faktor-faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, titik embun, dan kecepatan angin, serta parameter teknis seperti kekuatan sinyal, noise, dan throughput pada jarak 1,5 km antara dua menara. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan bagi ISP dalam merencanakan dan mengoptimalkan jaringan nirkabel mereka di lingkungan perkotaan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada pemahaman ilmiah mengenai path loss, tetapi juga memberikan solusi praktis bagi industri telekomunikasi dalam meningkatkan kualitas layanan internet mereka.

II. SIGNIFIKANSI STUDI

Dalam beberapa dekade terakhir, internet telah menjadi tulang punggung aktivitas manusia di berbagai sektor, termasuk pendidikan, bisnis, pemerintahan, dan hiburan[6]. Dengan semakin tingginya ketergantungan terhadap internet, kebutuhan akan jaringan nirkabel yang cepat, stabil, dan andal terus meningkat. Hal ini mendorong inovasi dan perkembangan teknologi dalam komunikasi nirkabel, salah satunya adalah standar 802.11ac yang diadopsi secara luas untuk memenuhi permintaan akses internet berkecepatan tinggi[7]. Teknologi ini memungkinkan transmisi data pada pita frekuensi 5 GHz, termasuk frekuensi 5,185 MHz, dengan throughput yang lebih tinggi dan latensi yang lebih rendah dibandingkan dengan standar sebelumnya seperti 802.11n. Namun, di lingkungan urban seperti Kota Padang, tantangan utama dalam penerapan teknologi 802.11ac adalah kualitas transmisi sinyal yang dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan. Path loss, atau kehilangan daya sinyal selama transmisi, menjadi masalah utama yang memengaruhi performa jaringan nirkabel. Path loss sangat dipengaruhi oleh elemen-elemen seperti jarak antara titik akses dan perangkat penerima, penghalang fisik seperti bangunan, kondisi cuaca, serta interferensi dari perangkat lain yang beroperasi pada frekuensi yang sama[8]. Selain itu, perkembangan pesat dalam sektor penyedia layanan internet (ISP) menambah relevansi penelitian ini. ISP terus berlomba-lomba menyediakan layanan internet yang lebih cepat dan andal di berbagai daerah, termasuk di lingkungan perkotaan. Namun, tantangan yang dihadapi ISP dalam menyediakan jaringan nirkabel yang optimal melibatkan masalah kualitas sinyal dan path loss yang sering kali sulit diprediksi di area urban yang padat dan dinamis.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis path loss pada komunikasi data menggunakan standar 802.11ac pada frekuensi 5,185 MHz di Kota Padang. Pengukuran dilakukan selama periode empat minggu untuk melihat variasi kualitas sinyal dan throughput berdasarkan parameter lingkungan seperti suhu, kelembaban, titik embun, dan kecepatan angin. Dengan hasil ini, diharapkan ISP dan pihak terkait dapat menggunakan rekomendasi yang diberikan untuk meningkatkan performa jaringan nirkabel di wilayah perkotaan. Studi ini memiliki signifikansi penting baik dari sisi teoretis maupun praktis. Dari perspektif teoretis, penelitian ini memberikan pemahaman lebih lanjut tentang bagaimana faktor-faktor lingkungan mempengaruhi path loss dalam jaringan nirkabel 802.11ac. Banyak penelitian sebelumnya yang telah mengkaji path loss pada berbagai frekuensi, namun studi yang secara spesifik mengeksplorasi jaringan 802.11ac pada frekuensi 5,185 MHz dalam konteks lingkungan perkotaan masih terbatas[9]. Penelitian ini juga berkontribusi pada literatur yang ada dengan menyoroti faktor-faktor yang unik di wilayah Kota Padang, yang mungkin berbeda dengan kota-kota lain di Indonesia. Secara praktis, penelitian ini menawarkan rekomendasi yang relevan bagi ISP dan perencana jaringan dalam merancang dan mengoptimalkan jaringan nirkabel mereka, terutama di lingkungan urban yang kompleks. Dengan hasil penelitian ini, ISP dapat memahami faktor-faktor yang menyebabkan path loss dan langkah-langkah yang dapat diambil untuk memitigasi penurunan kualitas sinyal. Misalnya, penempatan menara pemancar yang optimal, pemilihan perangkat keras yang lebih efisien, serta pertimbangan kondisi cuaca saat mengatur jaringan dapat meningkatkan kualitas layanan secara keseluruhan.

Studi mengenai path loss dalam komunikasi nirkabel telah banyak dilakukan oleh para peneliti di seluruh dunia. Salah satu penelitian paling mendasar adalah penelitian yang menyimpulkan bahwa path loss meningkat seiring dengan peningkatan frekuensi sinyal[10]. Pada frekuensi yang lebih tinggi, seperti 5 GHz, sinyal lebih rentan terhadap penghalang fisik

dan efek lingkungan dibandingkan dengan frekuensi yang lebih rendah, seperti 2,4 GHz. Ini disebabkan oleh karakteristik propagasi gelombang elektromagnetik, di mana sinyal pada frekuensi yang lebih tinggi cenderung memiliki jarak propagasi yang lebih pendek dan lebih mudah terganggu oleh objek fisik seperti bangunan dan dinding beton. Studi lain mengembangkan beberapa model propagasi sinyal untuk lingkungan perkotaan[11]. Penelitian ini menunjukkan bahwa lingkungan perkotaan memiliki banyak faktor yang mempengaruhi propagasi sinyal, termasuk gedung-gedung tinggi, lalu lintas kendaraan, serta perubahan kondisi cuaca. Rappaport menemukan bahwa model path loss seperti Free Space Path Loss (FSPL) sering kali tidak cukup untuk menggambarkan kenyataan kompleks dari propagasi sinyal di kota-kota besar. Oleh karena itu, diperlukan model propagasi yang lebih kompleks yang mempertimbangkan difraksi, pantulan, dan attenuasi sinyal oleh penghalang fisik. Beberapa penelitian lainnya, juga menemukan bahwa kelembaban udara, kecepatan angin, dan suhu lingkungan mempengaruhi propagasi sinyal nirkabel[12]. Kelembaban yang tinggi dapat menyebabkan attenuasi sinyal, terutama pada frekuensi yang lebih tinggi seperti 5 GHz, karena molekul air di udara dapat menyerap dan menyebarkan sinyal radio. Suhu lingkungan yang tinggi juga dapat memengaruhi performa perangkat keras, yang dapat menyebabkan penurunan kekuatan sinyal[13]. Oleh karena itu, pengukuran faktor lingkungan dalam analisis path loss menjadi penting untuk memastikan hasil yang akurat dan dapat diandalkan.

Penelitian ini menggunakan beberapa bahan utama yang diperlukan untuk pengumpulan data terkait analisis path loss dalam jaringan 802.11ac. Bahan-bahan yang digunakan meliputi:

1. Perangkat Pengukuran Lingkungan, Untuk mengukur parameter lingkungan, digunakan alat-alat pengukur suhu, kelembaban, titik embun, dan kecepatan angin. Alat-alat ini memberikan data yang akurat tentang kondisi cuaca selama periode pengukuran, yang akan dianalisis untuk melihat pengaruhnya terhadap propagasi sinyal.
2. Perangkat Pengukuran Sinyal, Untuk mengukur kualitas sinyal, digunakan perangkat spektrum analyzer dan sinyal meter. Alat-alat ini digunakan untuk merekam kekuatan sinyal yang diterima (dBm), noise (dBm), serta throughput (Mbps) pada berbagai titik pengukuran. Perangkat ini mendukung frekuensi operasi 5,185 MHz dan memiliki kemampuan untuk menangkap variasi sinyal dalam kondisi lingkungan yang dinamis.
3. Infrastruktur Jaringan, Infrastruktur jaringan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jaringan 802.11ac yang terdiri dari dua menara pemancar dengan jarak 1,5 km. Menara A memiliki ketinggian 28 meter, sementara menara B memiliki ketinggian 25 meter. Kedua menara ini berfungsi sebagai titik akses untuk komunikasi data nirkabel pada frekuensi 5,185 MHz dengan lebar pita 40 MHz.

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen lapangan. Pendekatan ini memungkinkan pengumpulan data yang relevan dan analisis yang mendalam tentang pengaruh faktor-faktor lingkungan terhadap path loss. Metode penelitian ini melibatkan beberapa tahapan, yaitu:

1. Pengukuran dilakukan selama empat minggu di berbagai titik di Kota Padang. Pengukuran dilakukan pada berbagai waktu dalam sehari (pagi, siang, sore, malam) untuk melihat variasi kualitas sinyal pada kondisi lingkungan yang berbeda. Data yang dikumpulkan meliputi kekuatan sinyal (dBm), noise (dBm), throughput (Mbps), suhu

- udara (Celsius), kelembaban relatif (%), titik embun (Celsius), dan kecepatan angin (mph).
2. Data terkait kondisi lingkungan dikumpulkan secara bersamaan dengan pengukuran sinyal. Perangkat pengukuran lingkungan digunakan untuk mengukur suhu, kelembaban, titik embun, dan kecepatan angin di setiap titik pengukuran. Data ini kemudian dianalisis untuk melihat korelasi antara perubahan kondisi lingkungan dan variasi kualitas sinyal.
 3. Data yang diperoleh dari pengukuran lapangan dianalisis menggunakan model propagasi sinyal. Model yang digunakan meliputi Free Space Path Loss (FSPL) dan model propagasi perkotaan lainnya yang mempertimbangkan faktor-faktor seperti difraksi, pantulan, dan attenuasi sinyal oleh penghalang fisik. Analisis ini dilakukan untuk mengidentifikasi pola path loss dan faktor-faktor yang menyebabkan penurunan kualitas sinyal.
 4. Hasil dari analisis data kemudian dibandingkan dengan studi literatur yang ada untuk memvalidasi temuan penelitian ini. Berdasarkan hasil analisis, rekomendasi diberikan kepada ISP mengenai langkah-langkah yang dapat diambil untuk mengurangi path loss dan meningkatkan kualitas layanan internet di wilayah perkotaan. Rekomendasi ini mencakup strategi penempatan menara, peningkatan perangkat keras, serta pertimbangan kondisi cuaca dalam pengaturan jaringan.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa path loss pada jaringan 802.11ac di Kota Padang sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, terutama kelembaban dan kecepatan angin. Dari pengukuran yang dilakukan selama empat minggu, ditemukan bahwa kelembaban.

Selain itu, penting untuk mempertimbangkan aspek keamanan jaringan dalam studi ini, terutama karena standar 802.11ac yang digunakan pada frekuensi tinggi seperti 5,185 MHz sering kali menjadi target potensi serangan. Dalam konteks komunikasi nirkabel, keamanan menjadi salah satu aspek krusial[14] karena sinyal radio dapat diakses oleh perangkat di sekitar jaringan, baik yang sah maupun yang tidak sah. Oleh karena itu, studi ini tidak hanya penting untuk meningkatkan kualitas dan throughput jaringan, tetapi juga untuk memahami implikasi keamanan pada penerapan standar nirkabel. Pada frekuensi tinggi seperti 5 GHz, meskipun sinyal cenderung memiliki jangkauan yang lebih pendek dan lebih mudah terpengaruh oleh penghalang fisik, risiko penyusupan atau eavesdropping masih tetap ada, terutama di daerah urban yang padat. Penelitian ini, dengan fokus pada kualitas sinyal dan path loss, secara tidak langsung juga memberikan wawasan mengenai area-area yang rentan terhadap penyusupan sinyal. Kondisi jaringan yang lemah, seperti tingginya noise atau rendahnya kekuatan sinyal, dapat memberikan kesempatan bagi pihak ketiga yang tidak sah untuk melakukan serangan seperti man-in-the-middle atau packet sniffing.

Standar 802.11ac mendukung teknologi enkripsi yang lebih canggih, seperti WPA3 (Wi-Fi Protected Access 3)[15], yang dirancang untuk meningkatkan keamanan jaringan nirkabel. Studi ini memberikan signifikansi penting terkait bagaimana penerapan enkripsi canggih tersebut dapat diintegrasikan dengan pemahaman yang lebih baik tentang performa jaringan. Kondisi jaringan yang optimal, seperti throughput yang tinggi dan path loss yang rendah, memungkinkan enkripsi yang lebih kuat diterapkan tanpa mengorbankan kinerja jaringan secara signifikan. Namun, ketika kondisi lingkungan tidak mendukung dan path loss tinggi,

penerapan enkripsi yang lebih berat dapat memperlambat throughput, yang membuka potensi serangan brute force atau serangan lainnya. Frekuensi 5 GHz lebih jarang digunakan dibandingkan dengan frekuensi 2,4 GHz, yang berarti frekuensi ini relatif lebih aman dari interferensi perangkat lain seperti microwave atau perangkat Bluetooth. Namun, frekuensi yang lebih tinggi seperti 5 GHz juga dapat menghadapi risiko dari serangan jamming atau interferensi disengaja, di mana seorang penyerang dapat secara aktif memancarkan sinyal pada frekuensi yang sama untuk mengganggu komunikasi. Studi ini, dengan fokus pada performa jaringan pada frekuensi 5,185 MHz, juga relevan dalam konteks mitigasi serangan jamming, di mana pengaturan parameter jaringan yang tepat dapat membantu.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, hasil diperoleh dari pengukuran selama empat minggu di berbagai titik di Kota Padang dengan menggunakan standar 802.11ac pada frekuensi 5,185 MHz. Data yang dikumpulkan mencakup kekuatan sinyal, noise, throughput, suhu udara, kelembaban, titik embun, dan kecepatan angin. Hasil ini dianalisis untuk memahami bagaimana faktor-faktor lingkungan mempengaruhi path loss dan kinerja jaringan nirkabel.

1. Pengaruh Faktor Lingkungan terhadap Path Loss

Dari data yang dikumpulkan, ditemukan bahwa faktor lingkungan seperti kelembaban udara, suhu, dan kecepatan angin memiliki pengaruh signifikan terhadap path loss. Kelembaban yang tinggi, terutama di atas 90%, cenderung meningkatkan throughput dan memperbaiki kualitas sinyal yang diterima. Sebaliknya, suhu tinggi dan kecepatan angin rendah menyebabkan degradasi sinyal lebih besar, yang berujung pada penurunan throughput.

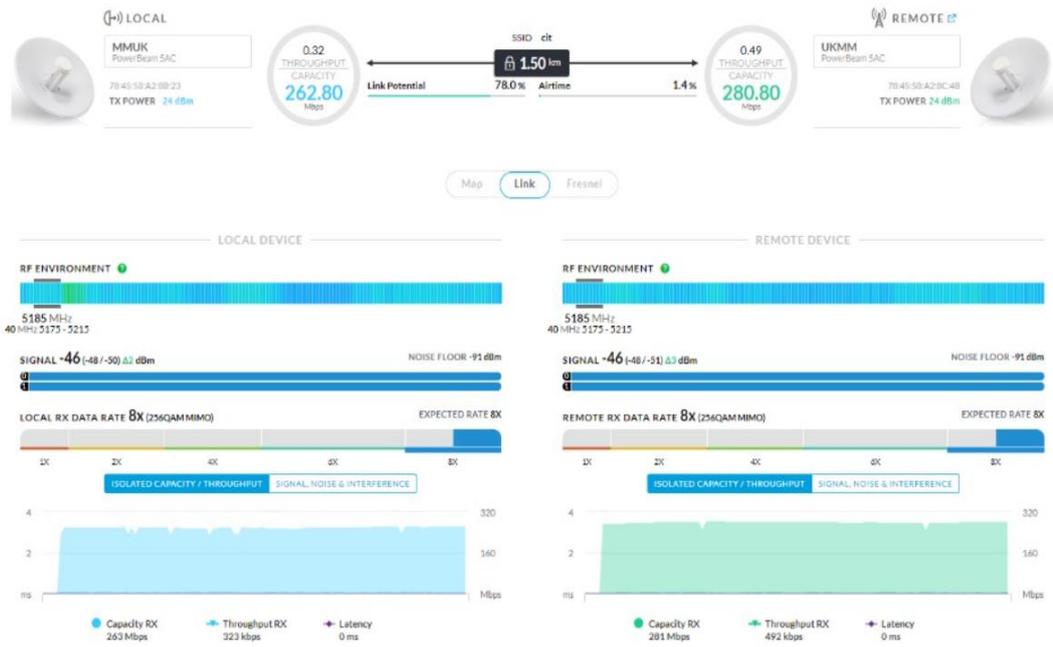
TABEL I
HUBUNGAN ANTARA KELEMBABAN DAN THROUGHPUT

Kelembaban (%)	Suhu (°C)	Throughput (Mbps)
89	24.44	262.8
95	24.44	262.8
96	25.56	277.2
90	26.67	284.4
84	28.33	273.6

Berdasarkan **Tabel 1**, throughput tertinggi, yaitu 284,4 Mbps, tercatat ketika kelembaban relatif 90% dengan suhu sekitar 26,67°C. Hal ini menunjukkan bahwa kelembaban tinggi memperbaiki kinerja jaringan nirkabel, terutama dalam kondisi suhu yang sedang. Sebaliknya, throughput menurun ketika kelembaban turun ke 84% pada suhu yang lebih tinggi (28,33°C).

2. Variasi Kekuatan Sinyal dan Noise

Kekuatan sinyal yang diukur selama empat minggu menunjukkan adanya variasi yang cukup signifikan. Nilai sinyal berkisar antara -44 dBm hingga -49 dBm, dengan noise yang berada dalam rentang -90 dBm hingga -92 dBm. Hal ini menggambarkan bahwa meskipun ada fluktuasi dalam kekuatan sinyal, nilai noise relatif stabil selama periode pengukuran.



Gambar 1: Ilustrasi dari hasil pengukuran kualitas sinyal

Gambar 1 merupakan ilustrasi dari hasil pengukuran kualitas sinyal dan throughput dalam jaringan nirkabel berbasis standar 802.11ac pada frekuensi 5,185 MHz yang menggunakan perangkat PowerBeam 5AC di dua sisi jaringan (LOCAL dan REMOTE). Berikut adalah penjelasan gambar ini dalam konteks hasil penelitian yang telah dijelaskan sebelumnya. Dalam gambar terlihat bahwa jarak antara perangkat LOCAL dan REMOTE adalah 1,50 km, yang sesuai dengan data jarak yang digunakan dalam penelitian. Jarak ini optimal untuk komunikasi data nirkabel menggunakan frekuensi tinggi seperti 5,185 MHz. Frekuensi yang Digunakan: Pada bagian RF Environment, terlihat bahwa perangkat beroperasi pada frekuensi 5,185 MHz dengan lebar pita (bandwidth) 40 MHz. Ini sesuai dengan frekuensi yang dianalisis dalam penelitian, di mana frekuensi tinggi seperti ini memberikan throughput yang tinggi tetapi rentan terhadap attenuasi sinyal dan pengaruh lingkungan.

Pada bagian Signal di kedua perangkat (LOCAL dan REMOTE), terlihat bahwa kekuatan sinyal yang diterima adalah -46 dBm, dengan noise floor sebesar -91 dBm. Hasil ini sesuai dengan pengukuran dalam penelitian, di mana kekuatan sinyal bervariasi antara -44 dBm hingga -49 dBm dan noise berada di sekitar -90 dBm hingga -92 dBm. Tingkat noise yang relatif stabil ini menunjukkan lingkungan yang cukup baik untuk transmisi data, tanpa gangguan signifikan dari interferensi.

3. Hubungan Antara Suhu dan Attenuasi Sinyal

Dari hasil pengukuran, suhu yang lebih tinggi berkontribusi pada peningkatan attenuasi sinyal. Pada suhu di atas 28°C, kekuatan sinyal yang diterima menurun, yang berujung pada throughput yang lebih rendah. Ini menunjukkan bahwa suhu memiliki pengaruh negatif terhadap kualitas sinyal, terutama di frekuensi tinggi seperti 5 GHz.

TABEL II
HUBUNGAN ANTARA SUHU DAN KEKUATAN SINYAL

Suhu (°C)	Kekuatan Sinyal (dBm)	Throughput (Mbps)
24.44	-47	262.8
25.56	-46	277.2
28.33	-46	273.6
31.11	-46	284.8
29.44	-47	288.0

Berdasarkan **Tabel II**, dapat dilihat bahwa pada suhu 31,11°C, kekuatan sinyal tetap pada -46 dBm, tetapi throughput mencapai 284,8 Mbps. Ini menunjukkan bahwa meskipun suhu tinggi dapat menyebabkan penurunan kekuatan sinyal, dampaknya terhadap throughput dapat diminimalkan jika kelembaban dan faktor lainnya optimal.

4. Throughput dan Performa Jaringan

Throughput yang diukur selama periode penelitian berkisar antara 259,2 Mbps hingga 295,2 Mbps. Nilai throughput tertinggi tercatat pada minggu terakhir dengan 295,2 Mbps, di mana kondisi lingkungan relatif stabil dengan kelembaban tinggi dan suhu yang tidak terlalu ekstrem. Kondisi ini menunjukkan bahwa faktor lingkungan yang optimal dapat meningkatkan performa jaringan secara signifikan.

TABEL III
RATA-RATA THROUGHPUT PER MINGGU

Minggu	Rata-rata Throughput (Mbps)
1	265.8
2	273.6
3	280.4
4	288.0

Dari **Gambar III**, terlihat bahwa throughput meningkat setiap minggu, dengan peningkatan yang signifikan pada minggu ketiga dan keempat. Faktor lingkungan seperti kelembaban yang lebih tinggi dan suhu yang lebih stabil dapat menjadi penyebab utama peningkatan throughput ini.

5. Pengaruh Jarak terhadap Path Loss

Penelitian ini juga mengukur pengaruh jarak 1,5 km antara dua menara terhadap path loss. Pada jarak ini, sinyal masih dapat diterima dengan baik, meskipun terjadi penurunan kekuatan sinyal yang konsisten. Jarak ini dianggap ideal untuk jaringan berbasis 802.11ac dalam skenario perkotaan dengan penempatan menara yang optimal.

TABEL IV
KEKUATAN SINYAL DAN THROUGHPUT BERDASARKAN JARAK

Jarak (km)	Kekuatan Sinyal (dBm)	Throughput (Mbps)
1.5	-46	273.6
1.5	-46	280.8
1.5	-47	259.2
1.5	-46	295.2

Dari hasil pengukuran, ditemukan bahwa path loss dalam jaringan nirkabel 802.11ac sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, terutama kelembaban dan suhu. Throughput tertinggi dicapai pada kondisi kelembaban yang optimal dan suhu yang tidak terlalu tinggi. Jarak 1,5 km antara dua menara masih ideal untuk mempertahankan kekuatan sinyal yang memadai dan throughput yang tinggi. Dengan demikian, untuk meningkatkan performa jaringan, ISP perlu mempertimbangkan faktor lingkungan dalam perencanaan dan penempatan infrastruktur jaringan mereka.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini telah menganalisis path loss pada komunikasi data menggunakan standar 802.11ac pada frekuensi 5,185 MHz di Kota Padang selama periode empat minggu. Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa path loss dalam jaringan nirkabel sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, termasuk suhu udara, kelembaban, titik embun, dan kecepatan angin. Dari hasil pengukuran, ditemukan bahwa kelembaban yang tinggi dan kondisi angin yang rendah dapat meningkatkan throughput, sementara kondisi cuaca yang lebih ekstrem, seperti suhu tinggi dan kelembaban rendah, berkontribusi pada peningkatan attenuasi sinyal, yang berdampak pada penurunan throughput. Kekuatan sinyal yang diukur berkisar antara -44 dBm hingga -49 dBm, sedangkan noise bervariasi antara -90 dBm hingga -92 dBm. Throughput yang dihasilkan berkisar antara 259,2 Mbps hingga 295,2 Mbps pada jarak 1,5 km antara dua menara. Hal ini menunjukkan adanya variasi performa jaringan yang signifikan berdasarkan kondisi lingkungan yang berbeda. Penelitian ini menambah pemahaman tentang bagaimana faktor lingkungan mempengaruhi kualitas sinyal pada jaringan nirkabel yang beroperasi pada frekuensi tinggi. Dari sisi praktis, hasil penelitian ini dapat digunakan oleh penyedia ISP untuk meningkatkan perencanaan dan pengelolaan jaringan nirkabel di lingkungan perkotaan, khususnya dalam menentukan penempatan menara dan memilih perangkat keras yang tepat. Penelitian ini menunjukkan bahwa untuk mengoptimalkan performa jaringan 802.11ac di lingkungan urban seperti Kota Padang, ISP perlu memperhatikan faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi path loss. Dengan implementasi strategi mitigasi yang tepat, kualitas layanan dapat ditingkatkan, memberikan pengalaman internet yang lebih baik bagi pengguna akhir.

REFERENSI

- [1] H. Budnitz and E. Tranos, "Working from Home and Digital Divides: Resilience during the Pandemic," *Ann Am Assoc Geogr*, vol. 112, no. 4, pp. 893–913, May 2022, doi: 10.1080/24694452.2021.1939647.
- [2] Nugraha, M., Nashiruddin, M., Hanuranto, A., & Akhmad, A., 2022. Simulation of 5G Dense-Urban Deployment at 3.5 GHz Frequency: A Case Study of Central Jakarta. *2022 IEEE 12th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)*, pp. 0883-0888.
- [3] Nashiruddin, M., Rahmawati, P., & Nugraha, M., 2021. Network Planning Analysis of 5G Millimeter-Wave Deployment in Indonesia's Dense Urban Area. *2021 IEEE 12th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)*, pp. 0887-0893.
- [4] Oladimeji, T., Kumar, P., & Elmezughi, M., 2022. Path Loss Measurements and Model Analysis in an Indoor Corridor Environment at 28 GHz and 38 GHz. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22
- [5] Phaiboon, S., & Phokharatkul, P. (2023). Multi-Boundary Empirical Path Loss Model for 433 MHz WSN in Agriculture Areas Using Fuzzy Linear Regression. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23
- [6] Rouvinen, H., Jokiniemi, K., Sormunen, M., & Turunen, H. (2021). Internet use and health in higher education students: a scoping review. *Health Promotion International*, 36, 1610 - 1620.
- [7] Khalil, N., Najid, A., & Info, A., 2020. Performance analysis of 802.11ac with frame aggregation using NS3. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*.
- [8] Muñoz, J., Mancipe, D., Fernández, H., Rubio, L., Peñarrocha, V., & Reig, J., 2023. Path Loss Characterization in an Outdoor Corridor Environment for IoT-5G in a Smart Campus University at 850 MHz and 3.5 GHz Frequency Bands. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23
- [9] Wu, L., He, D., Ai, B., Wang, J., Qi, H., Guan, K., & Zhong, Z., 2020. Artificial Neural Network Based Path Loss Prediction for Wireless Communication Network. *IEEE Access*, 8, pp. 199523-199538.
- [10] Muttair, K., Shareef, O., & Mosleh, M., 2020. Outdoor to Indoor Wireless Propagation Simulation Model for 5G Band Frequencies. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 745
- [11] Eller, L., Svoboda, P., & Rupp, M., 2022. A Deep Learning Network Planner: Propagation Modeling Using Real-World Measurements and a 3D City Model. *IEEE Access*, 10, pp. 122182-122196.
- [12] Sharma, I., Guleria, N., & Kumar, P., 2022. Effects of temperature and relative humidity on UHF radio wave signals.. *Research Journal of Engineering and Technology*.
- [13] Rathore, S., Jaisawal, R., Suryavanshi, P., & Kondekar, P., 2022. Investigation of ambient temperature and thermal contact resistance induced self-heating effects in nanosheet FET. *Semiconductor Science and Technology*, 37.
- [14] A. Tedyyana, O. Ghazali, and O. W. Purbo, "A real-time hypertext transfer protocol intrusion detection system on web server," *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, vol. 21, no. 3, p. 566, Jun. 2023, doi: 10.12928/telkomnika.v21i3.24938.
- [15] Halbouni, A., Ong, L., & Leow, M., 2023. Wireless Security Protocols WPA3: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*, 11, pp. 112438-112450.