

Analisis Implementasi IEEE 802.11ac pada Jaringan Wireless Backhaul Distribusi Provider Zettalink

Analysis of the Implementation of IEEE 802.11ac on the Wireless Backhaul Network of Zettalink Provider

Lila Huriyati Anisa¹, Popy Maria², Sri Yusnita³, Yoppi Lisyadi Oktapianus⁴

¹ Politeknik Negeri Padang; email: lilahuriyati28@gmail.com

^{2,3,4} Program Studi D4 Teknik Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang; email: ²popymaria@pnp.ac.id ³sriyusnita@pnp.ac.id ⁴Yoppi.lisyadi@gmail.com

[Dikirimkan: 30 Juli 2024, Direvisi: 11 November 2024, Diterima: 25 November 2024]

Corresponding Author: Lila Huriyati Anisa

INTISARI — Penelitian ini bertujuan untuk merancang jaringan, menghitung Power Link Budget, dan menganalisis implementasi jaringan Broadband Wireless Backhaul berbasis 802.11ac. Peningkatan kebutuhan akan akses internet yang cepat dan stabil mendorong penyedia layanan telekomunikasi untuk terus memperbaiki infrastruktur. Teknologi Broadband Wireless Backhaul berbasis standar IEEE 802.11ac menawarkan solusi dengan kapasitas besar, interferensi rendah, dan jangkauan luas, menjadikannya ideal untuk daerah pedesaan seperti Kecamatan Lembah Gumanti yang menghadapi tantangan dalam pembangunan infrastruktur telekomunikasi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, menghitung Power Link Budget, dan menganalisis implementasi jaringan Broadband Wireless Backhaul berbasis 802.11ac pada jaringan provider Zettalink di Kecamatan Lembah Gumanti. Metode penelitian meliputi perancangan jaringan menggunakan perangkat lunak UISP Design, pemasangan dan konfigurasi perangkat, serta pengukuran dan analisis data. Perancangan jaringan menggunakan perangkat radio Rocket Prism 5AC Gen2, dengan hasil perhitungan Power Link Budget yang menunjukkan Free Space Loss (FSL) sebesar 121,68 dB dan Received Signal Level (RSL) sebesar -49,68 dBm. Hasil ini sesuai dengan pengukuran menggunakan perangkat lunak UISP Design. Analisis perbandingan menunjukkan kesesuaian signifikan antara hasil perhitungan dan pengukuran, dengan hasil pengukuran RSL sebesar -49 dBm dan throughput capacity mencapai nilai minimal 480 Mbps dan maksimal 655,20 Mbps. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jaringan yang dirancang mampu memenuhi kebutuhan akses internet masyarakat setempat dengan meningkatkan kualitas dan stabilitas koneksi.

ABSTRACT — This study aims to design, calculate the Power Link Budget, and analyze the implementation of a Broadband Wireless Backhaul network based on 802.11ac. The increasing demand for fast and stable internet access drives telecommunications service providers to continually improve their infrastructure. The Broadband Wireless Backhaul technology based on the IEEE 802.11ac standard offers a solution with high capacity, low interference, and wide coverage, making it ideal for rural areas such as Lembah Gumanti District, which faces challenges in developing telecommunications infrastructure. This study aims to design, calculate the Power Link Budget, and analyze the implementation of a Broadband Wireless Backhaul network based on 802.11ac on the Zettalink provider network in Lembah Gumanti District. The research methods include network design using UISP Design software, installation and configuration of devices, and data measurement and analysis. The network design uses Rocket Prism 5AC Gen2 radios, with Power Link Budget calculations showing a Free Space Loss (FSL) of 121.68 dB and a Received Signal Level (RSL) of -49.68 dBm. These results are consistent with measurements using UISP Design software. Comparative analysis shows significant conformity between the calculated and measured results, with an RSL measurement of -49 dBm and throughput capacity ranging from a minimum of 480 Mbps to a maximum of 655.20 Mbps. The study's results indicate that the designed network can meet the local community's internet access needs by improving connection quality and stability.

KATA KUNCI — Broadband Wireless Backhaul, 802.11ac, Rocket Prism 5AC Gen2, Ubiquiti Network.

I. PENDAHULUAN

Revolusi komunikasi nirkabel membawa perubahan mendasar pada jaringan data dan telekomunikasi. Dengan membebaskan pengguna dari kabel, jaringan nirkabel memberikan kepastian komunikasi yang terdistribusi penuh, kapan saja, dan di mana saja [1]. Kualitas jaringan internet yang baik menjadi acuan dalam konektivitas yang baik pula [2]. Penggunaan fiber optik untuk transportasi 5G semakin penting [3] dan backhaul nirkabel merupakan pelengkap penting untuk lokasi di mana fiber tidak tersedia atau terlalu mahal. Faktanya, microwave backhaul telah menjadimedia backhaul global yang dominan selama lebih dari dua dekade dan akan tetap menjadi pelengkap serat optik yang sangat menarik untuk transportasi 5G [4]. Teknologi *Broadband Wireless Backhaul*, termasuk dalam jaringan nirkabel, digunakan untuk memenuhi kebutuhan akses internet. Untuk melakukan *Point-to-Point* atau *Point-to-MultiPoint* menggunakan sinyal nirkabel, simulasi perancangan diperlukan. Ini dilakukan untuk mengetahui ketinggian tower dan melihat ketinggian bangunan di sekitar *Access Point* (situs A) dan Stasiun (situs B) untuk menghindari *Line of Sight* (LOS) dan *Fresnel Zone* [5].

Standar IEEE 802.11 dari teknologi *Broadband Wireless Backhaul* merupakan jenis *Wireless Local Area Network (WLAN)* yang dikenal karena kecepatan, kemudahan instalasi, dan fleksibilitasnya [6]. Menurut [7] jaringan backhaul nirkabel 802.11n atau teknologi lain menunjukkan beberapa masalah, seperti keterbatasan *bandwidth*, interferensi, atau masalah latensi. Meskipun penelitian tentang 802.11ac juga dilakukan, masih ada elemen penting yang kurang dipelajari, seperti mengoptimalkan jaringan untuk lingkungan kota yang padat atau menganalisis kinerja dalam lingkungan dengan interferensi tinggi. Sistem 802.11ac bekerja pada pita frekuensi 5 GHz. Ini bertujuan untuk menghindari semakin tingginya interferensi yang terjadi pada frekuensi 2.4GHz. Salah satu peningkatan utama pada standar IEEE 802.11ac adalah dukungannya terhadap lebar channel 80MHz [7]. Jika sinyal terhalang oleh bangunan atau dinding pada frekuensi yang lebih tinggi, sinyal akan lebih dilemahkan. Namun, interferensi pada frekuensi ini biasanya lebih rendah.. [8]. Tujuan penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan teknologi backhaul nirkabel broadband berbasis 802.11ac telah menghasilkan peningkatan signifikan dalam kinerja, termasuk kecepatan yang lebih tinggi, kapasitas throughput yang lebih besar, dan efisiensi spektrum yang lebih baik. Peningkatan ini disebabkan oleh peningkatan jumlah perangkat dan konsumsi data yang meningkat, seperti *video streaming*, *Internet of Things*, dan sebagainya. Namun, permintaan ini tidak dapat dipenuhi oleh teknologi sebelumnya.

II. LANDASAN TEORI

A. JARINGAN BROADBAND WIRELESS BACKHAUL 802.11ac

Jaringan backhaul digunakan untuk menghubungkan jaringan inti ke jaringan akses Jaringan penghubung antara jaringan akses dengan jaringan core atau backbone [9]. Menurut [10] menuturkan bahwa istilah WiMAX berasal dari singkatan dari akses radio nirkabel (disingkat Wi) dan akses radio mikro (disingkat MAX). Media gelombang elektromagnetik digunakan oleh WiFi pada frekuensi 2,4 GHz dan 5 GHz. Band 2,4 GHz sering digunakan dalam jaringan WiFi, tetapi memiliki tingkat interferensi yang tinggi. Band 5 GHz, di sisi lain, memiliki pita yang lebih luas, sehingga memungkinkan kinerja yang lebih tinggi [11]. Menurut [12] Dibandingkan jaringan nirkabel lainnya, broadband nirkabel memiliki keunggulan seperti jumlah pengguna yang lebih besar, jangkauan yang lebih luas, dan kecepatan yang lebih tinggi. Jaringan Broadband Wireless Backhaul dapat terhubung ke teknologi point-to-point jika pelayanan *point-to-point* tersebut memenuhi kriteria LOS (Line Of Sight). LOS adalah keadaan di mana garis pandang (saling terlihat) antara pemancar dan penerima tidak terhalang [13]. Menurut [14] ISP (Penyedia Layanan Internet) biasanya menggunakan topologi point-to-point untuk memberikan akses Internet kepada pelanggan yang hanya menggunakan radio..

B. STANDARISASI IEEE 802.11.ac

Dari 2011 hingga 2013, standar IEEE 802.11ac dikembangkan dan disahkan pada Januari 2014 [15]. Standar jaringan kabel generasi ac mencapai ratusan giga bit per detik, dan IEEE working group kembali menetapkan standar WLAN giga bit [16]. Keunggulan dari jaringan WiFi diantaranya; termasuk mobilitas pengguna, kecepatan, kemudahan instalasi, dan fleksibilitas [7]. Jaringan WiFi (Wireless Fidelity) berbasis IEEE 802.11 saat ini menjadi standar umum untuk jaringan WiFi. IEEE 802.11 = IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) adalah lembaga yang menetapkan standar untuk perangkat jaringan nirkabel [17]. Menurut [18] Wi-Fi merupakan istilah dari jenis Wireless Local Area Network (WLAN) yang menggunakan spesifikasi dari protokol wireless IEEE 802.11 yang juga merupakan satandar acuan untuk jaringan WLAN. IEEE 802.11ac bekerja pada gelombang radio dengan frekuensi 5 GHz. Standar IEEE 802.11ac ini diharapkan dapat mencapai kecepatan 1 Gbps untuk semua perangkat dan workstation. Kecepatan maksimal perangkat atau workstation adalah 500 Mbps.. IEEE 802.11ac mencapai peningkatan kecepatan dasarnya dengan mengandalkan tiga pengukuran yang berbeda dengan memanfaatkan lebih banyak kanal, yang diperluas dari maksimum 80 MHz hingga mode 160 MHz. Modulasi yang digunakan adalah 256-QAM lebih padat yang memiliki kemampuan untuk meningkatkan kecepatan data hingga 7 Gbps menggunakan 8×8 multiple input multiple output (MIMO) [19]

C. RADIO ROCKET PRISM 5AC GEN2

Ubiquiti network adalah Perusahaan ini dikenal karena memproduksi peralatan jaringan nirkabel dan solusi komunikasi yang inovatif dan berbiaya rendah. Produk utama mereka termasuk *UniFi*, *airMAX*, *EdgeMAX*, dan *AmpliFi*, yang semuanya dirancang untuk berbagai aplikasi. Salah satu produk dari ubiquiti network adalah Radio Rocket Prism 5AC Gen2. Ubiquiti Rocket Prism 5AC Gen 2 adalah radio yang dirancang khusus untuk frekuensi 5 GHz dengan teknologi airMAX AC, menawarkan kecepatan data teoritis hingga 450 Mbps. Perangkat ini dilengkapi dengan satu port Gigabit Ethernet dan pigtail adapter untuk koneksi antena. Dapat beroperasi dalam rentang frekuensi 5.1–5.9 GHz, Rocket Prism 5AC Gen 2 kompatibel dengan antena Ubiquiti Rocket Prism 5AC atau antena eksternal lainnya. Konstruksi perangkat ini dirancang tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan luar ruangan, dengan bahan yang kuat untuk menghadapi cuaca buruk, seperti hujan dan suhu ekstrem. Daya perangkat disuplai melalui Power over Ethernet (PoE) 24V, 0.5A. Teknologi airMAX AC yang terintegrasi meningkatkan efisiensi komunikasi dengan mengurangi interferensi dan meningkatkan throughput, sementara antena dual-polarized meminimalkan gangguan sinyal dan meningkatkan kualitas koneksi. Rocket Prism 5AC Gen 2 adalah pilihan ideal untuk aplikasi outdoor, jaringan wireless yang luas, komunikasi antar titik, atau sistem backhaul yang memerlukan performa tinggi dan daya tahan yang handal.

D. PERSAMAAN TEKNOLOGI WI-FI DENGAN AIR-MAX

Standar 802.11ac, yang dirancang untuk jaringan lokal nirkabel pada frekuensi 5 GHz, menawarkan kecepatan data tinggi, efisiensi energi yang lebih baik, dan kapasitas yang lebih besar dibandingkan dengan 802.11n. Standar ini menggunakan saluran lebar dan modulasi efisien untuk meningkatkan throughput, serta kompatibel dengan perangkat yang mematuhi standar IEEE 802.11, memungkinkan interoperabilitas yang luas. Sementara itu, airMAX dari Ubiquiti, yang menggunakan protokol TDMA,

meningkatkan performa dan skalabilitas jaringan nirkabel luar ruangan, sering digunakan dalam aplikasi seperti akses internet di daerah terpencil dan jaringan backhaul. Penggabungan 802.11ac dengan airMAX menciptakan solusi jaringan yang komprehensif, menggabungkan kecepatan WiFi dalam ruangan dengan kestabilan luar ruangan, mengoptimalkan sumber daya sesuai regulasi dan kondisi lingkungan.

E. POWER LINK BUDGET

Perhitungan link budget adalah perhitungan tingkat daya untuk memastikan bahwa tingkat daya yang diterima lebih besar atau sama dengan tingkat daya yang dikirimkan. Tujuan dari Budget Power Link adalah untuk memastikan bahwa gain dan loss dari antena pemancar (Tx) ke antena penerima (Rx) tetap seimbang. Ini dilakukan secara manual untuk memastikan bahwa hasil perangkat lunak sesuai. [20]

1) **FREE SPACE LOSS (FSL)**

Menurut [13] Nilai FSL hanya dipengaruhi oleh frekuensi kerja frekuensi dan jarak lintasan dan disebabkan oleh penurunan daya pada sinyal yang dipancarkan pada jalur komunikasi di ruang bebas.. Pada jalur lintasan gelombang mikro tidak diperbolehkan adanya penghalang yang dapat memperbesar nilai FSL Pada transmisi yang memiliki karakteristik Line-of-Sight (LOS), dimana tidak ada penghalang di antara kedua antena tersebut. Rentang frekuensi yang sering digunakan dalam jaringan nirkabel, khususnya untuk Wi-Fi, termasuk 2.4 GHz band dengan rentang 2.400 – 2.4835 GHz, dan 5 GHz band dengan rentang 5.150 – 5.825 GHz Adapun rumusnya adalah [21]

$$FSL = 92,45 + 20 \log (d \text{ Km}) + 20 \log (f \text{ GHz}) \quad (1)$$

dimana:

FSL = Free Space Loss (dB)

f = frekuensi (Ghz)

d = jarak antara antena pemancar dan antena penerima (km)

Standarisasi free space loss dapat dilihat pada Tabel 1

TABEL I
 STANDARISASI FSL

Jarak	2.4 GHz	5.2 GHz	5.8 GHz
1 km	100.026	106.742	107.69
3 km	109.568	116.284	117.233
5 km	114.005	120.721	121.670
10 km	120.026	126.742	127.690
15 km	123.548	130.264	131.212

2) **RECEIVED SIGNAL LEVEL (RSL)**

Menurut [15] Nilai Level Sinyal yang Diterima (RSL) adalah level daya yang diterima oleh perangkat. Nilai RSL dipengaruhi oleh hambatan dan gain antenna penerima, sehingga dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut [20]:

$$RSL = PRX = PTX + GTX + GRX - FSL \quad (2)$$

dimana :

PRX = RSL = daya terima penerima (dBm)

PTX = daya pancar pengirim (dBm)

GTX = penguatan antenna pengirim (dBi)

GRX = penguatan antenna penerima (dBi)

FSL = Free space loss (dB)

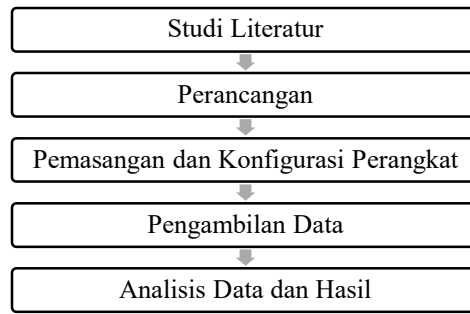
Menurut [17] semakin mendekati angka positif maka kualitas sinyal semakin bagus. Berikut standarisasi RSL pada Tabel 2

TABEL II
 STANDARISASI RSL

Kategori	RSL
Sangat bagus	> - 70 dBm
Bagus	- 70dBm s/d -85 dBm
Sedang	- 86 dBm s/d -100 dBm
Jelek	< -100 dBm

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di daerah Kecamatan Lembah Gumanti dengan perancangan jaringan broadband wireless dan menerapkan pendekatan kualitatif, observatif, dan nonpartisipatif. Fokus penelitian ini mencakup perancangan jalur jaringan broadband secara menyeluruh, perhitungan Power Link Budget untuk menentukan kekuatan sinyal yang optimal dalam jaringan, serta analisis implementasi dari hasil perhitungan dan pengukuran menggunakan software Ubiquiti. Metode-metode ini dipilih untuk memastikan bahwa desain jaringan yang dihasilkan dapat mendukung kebutuhan pengguna dengan efektif, menjaga kualitas layanan yang tinggi, dan memenuhi standar teknis yang telah ditetapkan. Berikut merupakan alur penelitian terdapat pada Gambar 1



Gambar 1. Alur Penelitian

Pada gambar 1 terdapat alur dalam penulisan penelitian ini, Dimana terdapat studi literatur merupakan tahap awal dalam sebuah proyek penelitian atau pengembangan di mana peneliti mengumpulkan dan mempelajari berbagai sumber informasi yang relevan dengan topik yang diteliti. Ini termasuk jurnal ilmiah, buku, dan publikasi lainnya untuk memahami perkembangan terbaru, konsep dasar, dan kesenjangan penelitian yang ada.

Setelah studi literatur dilakukan perancangan, daerah dipilih untuk mengidentifikasi wilayah yang sesuai dengan permasalahan yang akan ditangani. Perencanaan daerah dan perangkat berperan penting dalam pengambilan data karena wilayah yang dipilih harus sesuai dengan fokus penelitian. Sebelum penerapan jaringan, desain topologi jaringan yang akan diaplikasikan perlu dirancang terlebih dahulu. Desain topologi jaringan yang digunakan adalah topologi point-to-point, di mana setiap perangkat terhubung langsung untuk mengurangi kompleksitas jaringan dan meningkatkan keamanan data. Topologi ini juga memungkinkan kontrol yang lebih baik terhadap lalu lintas data dengan akses langsung menggunakan UISP. Desain point-to-point mencakup perangkat Rocket Prism 5AC Gen 2 dengan antena parabolic, dirancang untuk optimalisasi performa sinyal dalam jaringan.

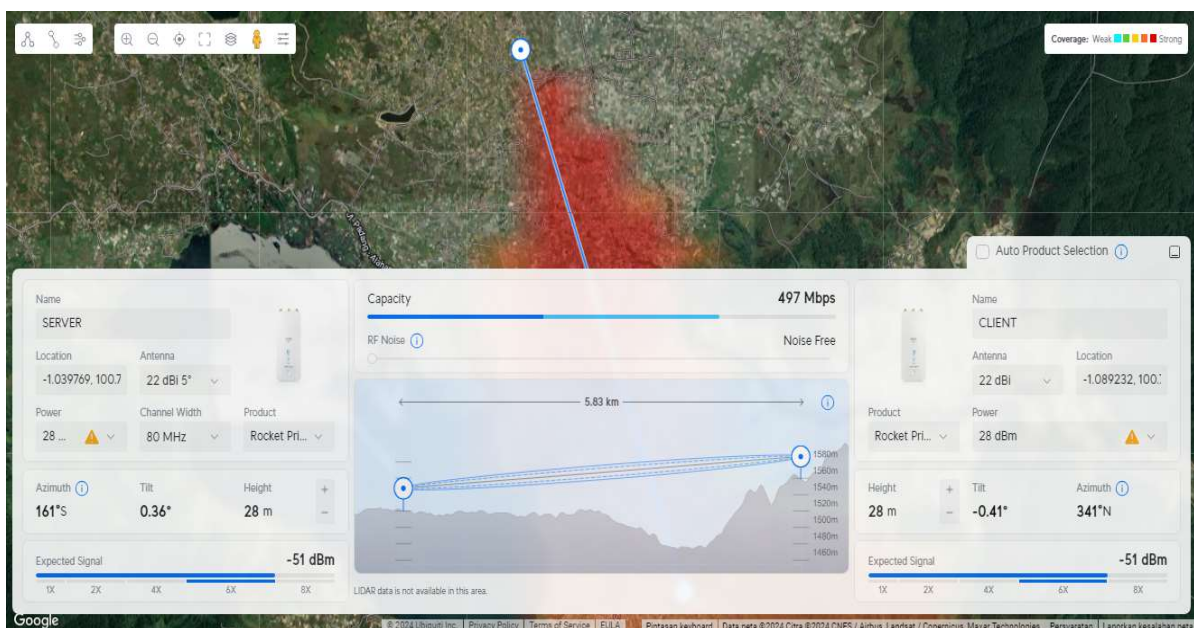
Pemasangan dan konfigurasi perangkat dilakukan oleh tim teknisi dari Zettalink, dimulai dengan instalasi fisik dan diikuti dengan konfigurasi melalui portal UISP. Tim teknisi memastikan semua perangkat terhubung dengan benar dan beroperasi sesuai spesifikasi. Setelah implementasi, dilakukan pengukuran kekuatan sinyal dan daya yang diterima menggunakan aplikasi UISP untuk verifikasi kinerja jaringan.

Data yang diperoleh dianalisis lebih lanjut guna mengevaluasi performa jaringan secara keseluruhan, yang juga mendukung kesimpulan penelitian. Analisis ini melibatkan perhitungan Power Link Budget berdasarkan frekuensi, kekuatan sinyal, dan jarak transmisi untuk menilai kualitas koneksi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL RANCANGAN

Rancangan jaringan yang dibuat menjadi acuan penting saat melakukan pointing antenna. Dengan rancangan yang baik dan sesuai aturan, proses pointing menjadi lebih mudah dan efisien. Pada aplikasi UISP, berbagai aspek penting seperti penggunaan perangkat, bandwidth, ketinggian tower, dan jangkauan sinyal dapat diatur. Pengaturan ini memastikan kinerja optimal jaringan nirkabel. Aplikasi UISP juga membantu memantau dan mengoptimalkan coverage sinyal setelah pointing selesai, memastikan jaringan berfungsi maksimal sesuai kebutuhan operasional. seperti pada Gambar 2



Gambar 2. Hasil Rancangan

Gambar 2 menampilkan spesifikasi dan pengaturan dari dua titik komunikasi nirkabel, yaitu "server" dan "client", menggunakan perangkat Rocket Prism 5AC dengan antena berdaya pancar 22 dBi pada frekuensi 5 GHz. Pada sisi "server", perangkat ini terletak pada koordinat -1.039769,100.772257 dengan antena yang memiliki lebar kanal (channel width) 80 MHz dan konfigurasi daya otomatis. Antena diposisikan dengan azimuth (sudut horizontal) 161° dan kemiringan (tilt) 0.36°, serta dipasang pada ketinggian 28 meter. Sinyal yang diharapkan di sisi "server" adalah -57 dBm, menunjukkan kualitas sinyal yang baik untuk komunikasi jarak jauh. Di sisi "client", perangkat dipasang pada koordinat -1.089232,100.789506 dengan spesifikasi yang serupa dengan "server". Antena pada sisi "client" juga memiliki lebar kanal 80 MHz dan konfigurasi daya otomatis, dengan azimuth 341° dan kemiringan -0.41°, serta dipasang pada ketinggian yang sama, yaitu 28 meter. Sinyal yang diharapkan pada sisi "client" juga -57 dBm, menunjukkan keseragaman dalam pengaturan dan optimisasi sinyal di kedua titik.

Bagian tengah gambar menampilkan kapasitas komunikasi antara kedua titik ini yang mencapai 497 Mbps dengan kondisi RF Noise yang bebas gangguan. Grafik elevasi di bagian tengah gambar menunjukkan profil ketinggian antara dua titik dengan jarak total 5.83 km. Elevasi tanah bervariasi dari sekitar 1460 meter hingga 1560 meter di atas permukaan laut, menunjukkan bahwa kedua titik berada di wilayah berbukit atau pegunungan. Hal ini memberikan konteks penting mengenai kemungkinan hambatan fisik dan ketinggian yang harus diperhitungkan dalam konfigurasi dan optimisasi sinyal. Gambar 2 ini menjelaskan tentang pengaturan, spesifikasi, dan kondisi ideal yang diperlukan untuk mencapai kapasitas komunikasi tinggi dalam skenario jaringan nirkabel point-to-point. Dengan antena berdaya pancar tinggi dan lebar kanal yang luas, serta jarak yang signifikan, konfigurasi ini dioptimalkan untuk menyediakan konektivitas bandwidth tinggi di area dengan gangguan RF minimal. Pengaturan azimuth dan tilt yang tepat pada kedua sisi memastikan bahwa antena terfokus dengan baik, yang pada akhirnya menghasilkan sinyal yang kuat dan kapasitas koneksi yang tinggi.

1) HASIL PERHITUNGAN POWER LINK BUDGET

Pertama, kita harus menghitung kehilangan ruang bebas (FSL). FSL adalah kondisi di mana redaman udara terjadi pada sinyal radio yang dipropagasi di udara. Dengan menggunakan data saat ini, redaman yang disebut Free Space Loss dapat dihitung. Berdasarkan data survei, jarak garis lurus 5,70 kilometer antara pemancar dan penerima, yang menunjukkan bahwa frekuensi yang digunakan adalah 5,540 GHz, yang dapat dihitung dengan persamaan 1

$$\begin{aligned} \text{FSL} &= 92,45 + 20 \log (d \text{ Km}) + 20 \log (f \text{ GHz}) \\ &= 92,45 + 20 \log (5,80 \text{ Km}) + 20 \log (5 \text{ GHz}) \\ &= 92,45 + 15,26 + 13,97 \\ &= 121,68 \text{ dB} \end{aligned}$$

Karena jarak yang sudah ditetapkan antara pemancar dan penerima, hanya nilai frekuensi yang dapat diubah secara teori dari perhitungan FSL di atas. Selain itu, perubahan nilai frekuensi hanya terbatas pada frekuensi resmi yang ditetapkan PT. Zetallink pada frekuensi 5 GHz; perubahan ini berdampak pada perhitungan FSL, di mana nilai tingkat sinyal penerima meningkat seiring dengan frekuensi. Nilai RSL dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2

$$\begin{aligned} \text{RSL} &= \text{PTX} + \text{GTX} + \text{GRX} - \text{FSL} \\ &= 28 \text{ dBm} + 22 \text{ dBi} + 22 \text{ dBi} - 121,68 \text{ dB} \\ &= -49,68 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Hasil yang diperoleh, yaitu -49,68 dBm, sesuai dengan standar yang diinginkan dalam rentang di bawah -70 dBm. Nilai ini menunjukkan bahwa sinyal yang diterima berada dalam kisaran yang sangat baik dan cukup kuat untuk memastikan kualitas transmisi yang optimal. Nilai Tx power yang disebutkan dalam persamaan ini mengacu pada daya pemancar yang diperkuat dari antena. Dengan memperkuat daya pemancar, sinyal yang dikirimkan dapat menjangkau jarak yang lebih jauh dan mengatasi berbagai hambatan di sepanjang jalur transmisinya.

Perhitungan power link budget harus disesuaikan dengan batasan nilai free space loss (FSL) terhadap jarak dalam penggunaan Rocket Prism 5AC Gen2. Berdasarkan titik koordinat yang telah ditentukan, dengan jarak 5 km dan frekuensi 5 GHz, nilai FSL yang dihasilkan akan berkisar antara 120,721 dB hingga 121,670 dB. Berdasarkan hasil perhitungan FSL dan received signal level (RSL), nilai yang didapat menunjukkan kinerja yang sangat efektif, sehingga throughput capacity yang dihasilkan optimal. Jika hasil yang diinginkan belum tercapai, perlu evaluasi ulang terhadap perhitungan gain antena dan Free Space Loss (FSL) untuk menentukan apakah perlu dilakukan perubahan variabel.

Standarisasi RSL mempertimbangkan ketahanan perangkat dan potensi gangguan antara dua antena. Nilai RSL yang terlalu rendah dapat menyebabkan gangguan komunikasi seperti koneksi tersendat atau terputus, sedangkan nilai RSL yang terlalu tinggi dapat menyebabkan antena menerima daya berlebihan yang berpotensi merusak perangkat.

B. PENGUKURAN KUALITAS JARINGAN

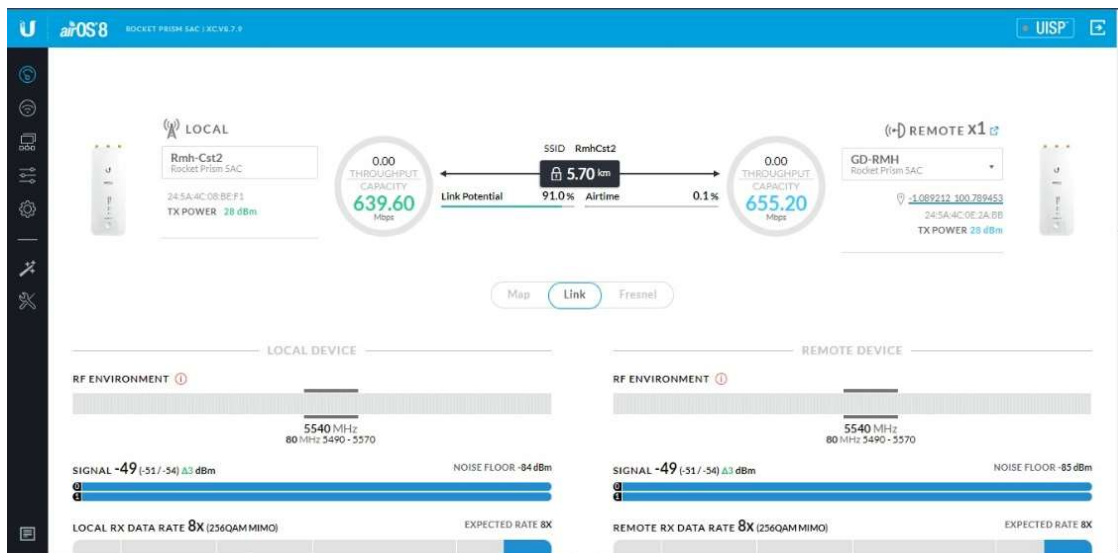
Pengukuran kualitas jaringan dilakukan pada dua sisi, yaitu server dan klien, menggunakan aplikasi UISP. Aplikasi ini memungkinkan pengguna melihat daya pancar, penerima, dan RSL setelah pemasangan perangkat. Throughput Capacity menggambarkan jumlah data yang bisa ditransfer melalui jaringan dalam satuan waktu tertentu. Link Potential merujuk pada kemampuan maksimum suatu sambungan untuk mentransfer data antara dua titik. Airtime adalah waktu efektif yang digunakan untuk transmisi data nirkabel.

Frekuensi mengukur jumlah siklus per detik dari gelombang elektromagnetik yang digunakan untuk mentransmisikan sinyal, sedangkan Bandwidth adalah kisaran frekuensi yang digunakan dalam sebuah kanal komunikasi. Sinyal adalah informasi atau data yang dikirimkan dalam bentuk gelombang elektromagnetik atau listrik, sementara Noise Floor adalah tingkat kebisingan minimum dalam suatu lingkungan yang bisa mempengaruhi kualitas sinyal.

1) SERVER

Istilah pemancar dapat juga merujuk kepada sisi server karena perangkat pemancar tersebut telah dikonfigurasi sebagai server yang mendukung proses pemancaran sinyal. Konfigurasi ini memungkinkan perangkat untuk tidak hanya mengirimkan sinyal tetapi juga mengelola dan mengontrol koneksi jaringan. Proses pemancaran sinyal yang efektif ini adalah hasil dari konfigurasi yang tepat dan penggunaan teknologi canggih yang disematkan dalam perangkat Ubiquiti Rocket Prism 5AC.

Pemancar (server) bertanggung jawab untuk mengatur berbagai parameter jaringan, termasuk kekuatan transmisi, frekuensi operasi, dan protokol komunikasi yang digunakan. Dengan demikian, perangkat pemancar yang dikonfigurasi sebagai server berfungsi sebagai pusat kendali utama dalam jaringan, memungkinkan komunikasi yang stabil dan andal antara berbagai perangkat klien yang terhubung yang dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Hasil Rancangan

Gambar 3 menunjukkan antarmuka pengguna dari perangkat Ubiquiti Rocket Prism 5AC yang menggunakan firmware airOS 8. Antarmuka ini dirancang untuk memberikan informasi mendetail mengenai kondisi dan performa koneksi nirkabel antara dua perangkat: perangkat server (lokal) yang diberi label Rmh-Cst2 dan perangkat client (remote) yang diberi label GD-RMH. Kedua perangkat, baik server maupun client, menggunakan perangkat keras yang sama, yaitu Rocket Prism 5AC. Mereka juga memiliki kekuatan transmisi (Tx Power) yang sama, yaitu sebesar 28 dBm. Penggunaan perangkat keras yang sama dengan kekuatan transmisi yang konsisten membantu memastikan komunikasi yang efektif dan kuat antara kedua titik ini. Spesifikasi lengkap dari perangkat server yang digunakan dalam pengaturan ini dapat dilihat pada Tabel 3

TABEL III
HASIL PARAMETER PADA SERVER

Parameter	Perangkat Rmh-Cst2	Perangkat GD-RMH
Throughput Capacity	639.60 Mbps	655.20 Mbps
Link Potential	91.00%	N/A
Airtime	0.10%	N/A
Frekuensi	5540 MHz	5540 MHz
Bandwidth	80 MHz	80 MHz
Sinyal	-49 dBm	-49 dBm
Noise Floor	-84 dBm	-85 dBm
Local RX Data Rate	8x (256QAM MIMO)	N/A
Remote RX Data Rate	N/A	8x (256QAM MIMO)

Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran parameter jaringan. Kapasitas throughput perangkat lokal tercatat sebesar 639.60 Mbps, sedangkan perangkat remote sebesar 655.20 Mbps, dengan jarak koneksi mencapai 5.70 km. Koneksi menunjukkan potensi jalur yang sangat baik (91.0%), menandakan sinyal diterima dengan baik oleh perangkat penerima. Penggunaan airtime yang efisien (0.1%) memungkinkan transmisi data yang cepat tanpa interferensi berarti.

Kedua perangkat beroperasi pada frekuensi 5540 MHz dengan lebar pita 80 MHz, mencakup rentang 5490 - 5570 MHz, yang memfasilitasi transmisi data luas dan cepat. Kekuatan sinyal yang diterima adalah -49 dBm, dengan kualitas link masing-masing 51 dB dan 54 dB. Noise floor yang rendah (-84 dBm pada perangkat lokal dan -85 dBm pada perangkat remote) menunjukkan

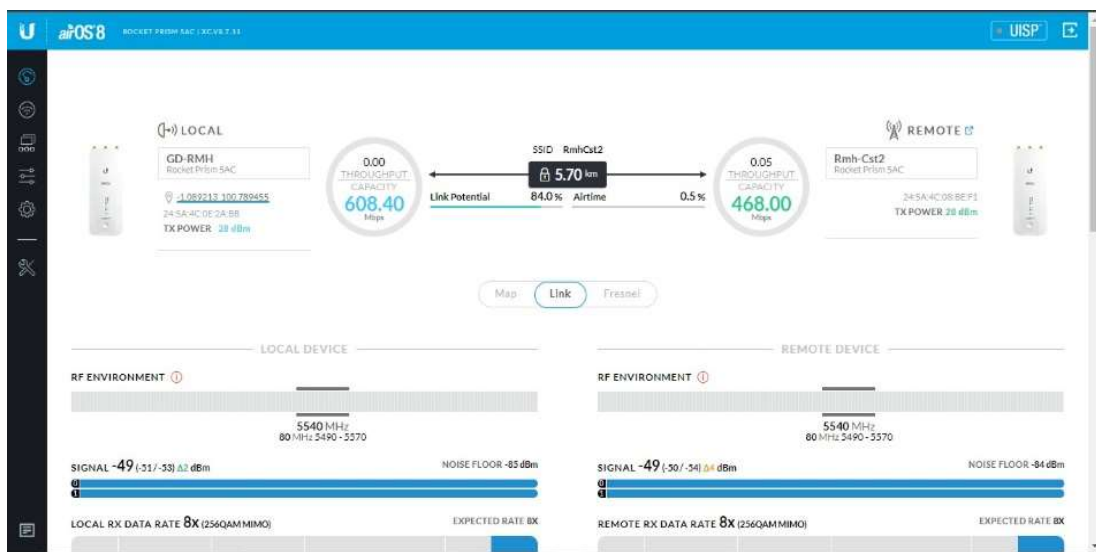
lingkungan RF yang bersih dari gangguan, memastikan kualitas koneksi nirkabel yang optimal. Kedua perangkat menggunakan modulasi 8x (256QAM MIMO), meningkatkan kapasitas data dan kinerja jaringan secara keseluruhan.

Analisis ini menunjukkan bahwa Ubiquiti Rocket Prism 5AC mampu mempertahankan koneksi nirkabel yang stabil dan efisien meskipun dalam jarak jauh, dengan throughput tinggi, potensi link yang baik, dan penggunaan airtime yang efisien. Sinyal yang kuat dan noise floor yang rendah memastikan koneksi yang dapat diandalkan untuk berbagai aplikasi yang memerlukan bandwidth tinggi dan latensi rendah, mendukung kebutuhan rumah tangga maupun bisnis.

2) CLIENT

Penerima, atau yang juga sering disebut sebagai client, merupakan perangkat yang berfungsi untuk menerima dan mengolah sinyal yang dikirimkan oleh pemancar atau perangkat client lain dalam jaringan. Fungsi utama dari penerima adalah untuk menangkap sinyal yang dikirimkan oleh pemancar, mengubahnya menjadi data yang dapat diproses, dan memastikan bahwa data tersebut dapat digunakan oleh aplikasi atau layanan yang berjalan pada perangkat client.

Seperti halnya pemancar, penerima ini memiliki spesifikasi teknis yang digunakan sebagai acuan untuk menilai kualitas jaringan yang diterima. Spesifikasi ini mencakup berbagai parameter seperti RSL penerima, yang menentukan seberapa lemah sinyal yang masih dapat diterima dan diolah oleh perangkat, serta kekuatan sinyal yang diterima, yang menunjukkan seberapa kuat sinyal yang diterima oleh perangkat client. Kualitas jaringan yang diterima oleh perangkat client dapat sangat bervariasi tergantung pada berbagai faktor, termasuk jarak antara pemancar dan penerima, adanya hambatan fisik seperti bangunan atau pepohonan, serta interferensi dari sumber sinyal lain dengan hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. Hasil pengukuran pada client

Gambar 4 menunjukkan antarmuka pengguna dari perangkat Ubiquiti Rocket Prism 5AC dengan firmware airOS 8. Antarmuka ini menyediakan informasi detail tentang kondisi koneksi nirkabel antara perangkat lokal (GD-RMH) dan remote (Rmh-Cst2), keduanya menggunakan Rocket Prism 5AC dengan kekuatan transmisi (TX Power) sebesar 28 dBm. Antarmuka memberikan data real-time tentang kondisi sinyal, interferensi, dan performa perangkat, memungkinkan penyesuaian cepat dan efektif untuk mengoptimalkan kinerja jaringan. Informasi teknis ini membantu pengguna mengidentifikasi dan mengatasi masalah seperti penurunan kualitas sinyal atau gangguan. Konsistensi perangkat keras dan pengaturan TX Power memastikan komunikasi efektif antara perangkat tanpa kesenjangan sinyal. Antarmuka ini memudahkan pengelolaan dan pemantauan jaringan, memastikan kinerja yang optimal dan stabil. Spesifikasi klien yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.

TABEL IV
 NASKAH HASIL PARAMETER PADA CLIENT

Parameter	Perangkat Lokal GD-RMH	Perangkat Remote Rmh-Cst2
Throughput Capacity	608.40 Mbps	468.00 Mbps
Link Potential	84.00%	N/A
Airtime	0.50%	N/A
Frekuensi	5540 MHz	5540 MHz
Bandwidth	80 MHz	80 MHz
Sinyal	-49 dBm	-49 dBm
Noise Floor	-85 dBm	-84 dBm
RX Data Rate	8x (256QAM MIMO)	8x (256QAM MIMO)

Kapasitas throughput perangkat lokal tercatat sebesar 608.40 Mbps, sedangkan perangkat remote sebesar 468.00 Mbps. Kedua perangkat terhubung melalui jaringan nirkabel sejauh 5.70 km, dengan potensi link sebesar 84.0%, menunjukkan sinyal yang diterima dengan baik. Penggunaan airtime yang rendah, yaitu 0.5%, mencerminkan efisiensi tinggi dalam penggunaan spektrum frekuensi. Kedua perangkat beroperasi pada frekuensi 5540 MHz dengan bandwidth 80 MHz, memungkinkan transmisi data yang luas dan cepat. Kekuatan sinyal yang diterima adalah -49 dBm, dengan kualitas link 51 dB untuk perangkat lokal dan 50 dB untuk perangkat remote, menunjukkan sedikit degradasi sinyal yang tidak signifikan. Noise floor masing-masing perangkat adalah -85 dBm dan -84 dBm, menunjukkan lingkungan RF yang bersih dari gangguan. Kedua perangkat menggunakan modulasi 8x (256QAM MIMO) untuk transmisi data yang cepat dan efisien.

Analisis ini menunjukkan bahwa Ubiquiti Rocket Prism 5AC mampu menjaga koneksi nirkabel yang stabil dan efisien meskipun dalam jarak jauh. Kapasitas throughput yang tinggi, potensi link yang baik, dan penggunaan airtime yang efisien menunjukkan bahwa jaringan ini diatur dengan baik untuk memaksimalkan kinerja. Sinyal yang kuat dan noise floor yang rendah memastikan koneksi yang andal untuk aplikasi yang membutuhkan bandwidth tinggi dan latensi rendah, mendukung kebutuhan rumah tangga maupun bisnis skala besar.

C. ANALISIS PERBANDINGAN HASIL PERHITUNGAN DAN PENGUKURAN

Dari hasil rancangan dan perhitungan Power Link Budget yang telah dilakukan, serta hasil pengukuran yang diperoleh melalui penggunaan software, kita dapat melihat perbandingan detailnya yang disajikan pada Tabel 5

TABEL V
HASIL PERBANDINGAN PERHITUNGAN DAN PENGUKURAN

Parameter	Rancangan dan Power Link Budget	Pengukuran oleh aplikasi UISP airOS
FSL	121,68 dBm (Hitung)	-
RSL	-49,68 (Hitung)	-49 (server)
		-49 (client)
Throughput Capacity	Minimal : 497 Mbps	Minimal : 468.00 Mbps
	Maksimal : 662 Mbps	Maksimal : 655,20 Mbps
Tx Power = Rx Power	28 dB	28 dB

Tabel 5 memberikan gambaran jelas mengenai kesesuaian antara data teoretis dari perhitungan dan data empiris dari pengukuran lapangan, memungkinkan analisis mendalam mengenai performa dan efisiensi jaringan yang dirancang. Free Space Loss (FSL) tercatat sebesar 121,68 dBm, menunjukkan seberapa besar sinyal yang hilang saat merambat melalui ruang bebas. Received Signal Level (RSL) dalam rancangan dihitung sebesar -49,68 dBm, dengan hasil pengukuran aplikasi UISP menunjukkan -49 dBm untuk server dan client, menunjukkan akurasi metode perhitungan yang mendekati kondisi nyata.

Throughput Capacity rancangan menunjukkan kapasitas minimal 497 Mbps dan maksimal 662 Mbps, sedangkan pengukuran UISP menunjukkan throughput minimal 480 Mbps dan maksimal 655,20 Mbps. Perbedaan kecil ini masih dapat diterima dan mungkin disebabkan oleh faktor lingkungan atau kondisi jaringan yang dinamis. Nilai Transmit Power (Tx Power) dalam rancangan dan pengukuran adalah 28 dB, menunjukkan konsistensi dan keandalan perencanaan dan pengukuran.

Secara keseluruhan, tabel ini menunjukkan kesesuaian yang baik antara hasil perhitungan dan pengukuran, menegaskan bahwa rancangan jaringan dapat diandalkan dan mampu memberikan performa mendekati kondisi nyata. Analisis ini memberikan pandangan luas tentang performa jaringan dari tahap perancangan hingga implementasi di lapangan.

V. KESIMPULAN

Rangkaian proses perancangan, perhitungan power link budget, dan analisis implementasi menunjukkan kesimpulan bahwa Perancangan jaringan Broadband Wireless Backhaul 802.11ac dengan perangkat Rocket Prism 5AC Gen2, gain antenna 22 dBi, channel width 80 MHz, dan Tx Power 28 dBm oleh provider Zettalink berhasil dilakukan. Perhitungan power link budget dengan FSL 121,68 dB dan RSL -49,68 dBm sesuai dengan hasil pengukuran menggunakan software, menunjukkan sinyal di server dan klien beroperasi baik. Analisis perbandingan menunjukkan kesesuaian hasil perhitungan dan pengukuran, dengan RSL -49,68 dBm (perhitungan) dan -49 dBm (pengukuran), serta throughput capacity minimal 497 Mbps dan maksimal 662 Mbps (perhitungan) dibandingkan dengan 480 Mbps dan 655,20 Mbps (pengukuran). Ini menandakan metode perancangan yang efektif untuk peneliti selanjutnya dapat melakukan penelitian terhadap konfigurasi IP untuk perangkat.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dalam hasil penelitian ini.

REFERENSI

- [1] A. Zakaria, A. Prohantara, and A. G. Hartono, "Integrasi Application Programming," 2019.
- [2] R. P. Simanjuntak, F. Imansyah, and F. T. P. W, "Analisa Dan Pengujian Sistem Antena Penerima Power Beam M5 Dalam Komunikasi Wireless Berbasis Fiber Optic", *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 3, no. 2, pp. 83-90, 2018.
- [3] N. E. W. R. Ran and T. Options, "5G New Radio RAN & transport," pp. 1-12.
- [4] H. Ronkainen, J. Edstam, A. Ericsson, and C. Östberg, "Integrated Access and Backhaul: A New Type of Wireless Backhaul in 5G," *Front. Commun. Networks*, vol. 2, no. April, pp. 1-7, 2021, doi: 10.3389/frcomn.2021.636949.

- [5] A. Tanton and M. T. A. Zaen, "Analisis Komparasi Wireless Network Pada Simulasi Airlink Ubiquiti Dengan Real Hadware Ubiquiti," *J. Inform. dan Rekayasa Elektron.*, vol. 1, no. 2, p. 15, 2018, doi: 10.36595/jire.v1i2.55.
- [6] M. Nasir, D. Universitas, B. Darma, J. Jenderal, A. Yani, and N. 12 Palembang, "PERBANDINGAN TEKNOLOGI WIMAX DENGAN WI-Fi," 2013. [Online]. Available: <http://prabu.files.wordpress.com/2007/08/1WiM>
- [7] E. Gunawan, "Analisis Performa IEEE 802.11n dan IEEE 802.11ac," *Jurnal*, vol. 13, no. 1, pp. 2589-8891, 2020, [Online]. Available: www.jurnal.umm.ac.id/dintek
- [8] I. Syahputra, "Analisa Perbandingan W-LAN 802.11 Ac Dan W-LAN 802.11 Ax Pada Aplikasi Live Streaming Tiktok Dan Instagram," 2021.
- [9] A. Hikmaturokhan and A. Wahyudin, "CV. Pustaka Ilmu Group," 2018.
- [10] M. Nasir, D. Universitas, B. Darma, J. Jenderal, A. Yani, and N. 12 Palembang, "PERBANDINGAN TEKNOLOGI WIMAX DENGAN WI-Fi," 2013. [Online]. Available: <http://prabu.files.wordpress.com/2007/08/1WiM>
- [11] Yusantono, "Analisis dan Perbandingan Jaringan WiFi dengan frekuensi 2.4 GHz dan 5 GHz dengan Metode QoS," *J. Inf. Syst. Technol.*, vol. 05, no. 05, pp. 34-52, 2020.
- [12] N. Sadikin, M. Sari, ; Jumanta, U. Islam, A. Jakarta, and P. N. Medan, "Implementasi Jaringan Nirkabel BWA (Broadband Wireless Access) Menggunakan Wimax," vol. 8, no. 2, 2019.
- [13] I. Fansuri, E. D. Meutia, and R. Munadi, "Perancangan Link Gelombang Mikro Backhaul Lampanah Leungah dengan Pathloss 5.0," 2023.
- [14] A. Wibowo, "Dosen Sistem Teknologi dan Sistem Informasi FTIK UMKO 2 Mahasiswa Sistem dan Teknologi Informasi FTIK UMKO PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI JARINGAN WIRELESS POINT TO POINT UNTUK WARGA DESA TRIMODADI KEC ABUNG SELATAN," 2020.
- [15] A. I. Anshori, "Keamanan pada Wifi 802.11ac."
- [16] W. Wartono and N. Sururi, "Menentukan Titik Pemasangan Radio Wireless untuk Link Point to Point Dengan memanfaatkan Bot Telegram," *J. Disprotek*, vol. 9, no. 2, pp. 74-85, 2018, doi: 10.34001/jdpt.v9i2.800.
- [17] M. Bahaqi and A. Arifudin, "Perancangan Kebutuhan Jaringan Wifi Untuk Mendukung Proses Belajar Mengajar Pada Universitas Di Era 4.0," *Mestro J. Tek. Mesin dan Elektro*, vol. 2, no. 01, pp. 1-5, Dec. 2019, doi: 10.47685/mestro.v2i1.98.
- [18] Arum Parastika dan and L. O. Sari, "11. ANALISA KINERJA JARINGAN WIRELESS FIDELITY (WI-FI) 802.11AC," 2021.
- [19] A. Z. Yonis, "Performance analysis of IEEE 802.11ac based WLAN in wireless communication systems," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 9, no. 2, pp. 1131-1136, Apr. 2019, doi: 10.11591/ijece.v9i2.pp1131-1136.
- [20] N. Mufid, "Analisis Link Budget Pada Antena Radio Gelombang Mikro Menggunakan Topologi Point To Point Di PT Blue Bird," *ResearchGate*, no. March, pp. 0-10, 2019, doi: 10.17605/OSF.IO/KESCD.
- [21] I. D. Kristiadi and M. I. Nashiruddin, "Analisis Perencanaan Transmisi Microwave Link antara Semarang-Magelang untuk Radio Access Long Term Evolution (LTE)," *Bul. Pos dan Telekomun.*, vol. 17, no. 2, pp. 95-110, Dec. 2019, doi: 10.17933/bpostel.2019.170202.