

ANALISIS KUALITAS JARINGAN DENGAN TEKNOLOGI MIMO DI SDN 59 REA PANGKEP

(Network Quality Analysis with MIMO Technology in SDN 59 REA Pangkep)

Indarwati^{1*)}, Ika Puspita²⁾, dan Andini Dani Achmad³⁾

^{1*,3)} Universitas Fajar Makassar

²⁾ Politeknik Negeri Ujung Pandang

³⁾ Universitas Hasanuddin

[*indarwati.rubak@gmail.com](mailto:indarwati.rubak@gmail.com)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas jaringan dengan teknologi MIMO di SDN 59 Rea Pangkep. Peningkatan permintaan layanan internet menimbulkan tuntutan kualitas jaringan yang tinggi, terutama dalam lingkungan pendidikan yang semakin memanfaatkan teknologi dalam pembelajaran. Sebelum pemasangan antena MIMO, SINR pada keempat titik berada pada kisaran -4.8 hingga -6.8 dB, berada pada kisaran -89.8 hingga -92.3 dBm, setelah pemasangan antena MIMO terjadi peningkatan RSRP dengan nilai -46 dBm hingga -65 dBm, pada nilai SINR di empat titik pengukuran, dimana semua nilai SINR berada pada kategori normal hingga sangat baik, dengan rentang nilai 16 dB hingga lebih dari 30 dB. Kemudian, dilakukan pengukuran throughput di berbagai lokasi di sekolah tersebut. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai throughput berbeda-beda untuk setiap lokasi. Di perpustakaan, nilai throughput berkisar antara 834-862 Mbps, dengan rata-rata sebesar 843 Mbps, di ruang guru, nilai throughput berkisar antara 398-511 Mbps, dengan rata-rata sebesar 505 Mbps, yang masih cukup tinggi dan dapat dianggap sebagai kinerja jaringan yang baik. Di ruang kelas, nilai throughput berkisar antara 396-406 Mbps, dengan rata-rata sebesar 401 Mbps, menunjukkan bahwa jaringan di ruang kelas juga memiliki kinerja yang baik dalam mentransmisikan data. Namun, di ruang tata usaha, nilai throughput justru paling rendah dibandingkan dengan lokasi lainnya, yaitu berkisar antara 38-40 Mbps, dengan rata-rata sebesar 39 Mbps. Hal ini menunjukkan bahwa jaringan di ruang tata usaha memiliki kinerja yang relatif lambat dalam mentransmisikan data. Terakhir, dilakukan pengukuran kecepatan respon jaringan dengan mengakses beberapa situs web seperti Google, Zoom, dan Google Meet, Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kecepatan respon jaringan bervariasi tergantung pada ukuran data yang diakses dan situs web yang diakses. Sebagai contoh, waktu respon untuk mengakses situs Google dengan ukuran data 50 KB adalah 25 ms, sedangkan untuk mengakses situs Classroom dengan ukuran data 500 KB adalah 90 ms. Hal menunjukkan bahwa Google Meet memiliki waktu respon tercepat, sedangkan Classroom memiliki waktu respon yang lebih lambat.

Kata kunci: MIMO, RSRP, SINR, Throughput, Kecepatan Respon Jaringan

ABSTRACT

This research aims to analyze the network quality with MIMO technology at SDN 59 Rea Pangkep. Increasing demand for internet services has raised the need for high-quality networks, especially in educational environments that increasingly utilize technology in learning. Before the installation of MIMO antennas, SINR at four points ranged from -4.8 to -6.8 dB, with a

range of -89.8 to -92.3 dBm. After the installation of MIMO antennas, there was an increase in RSRP with values of -46 dBm to -65 dBm. In terms of SINR value at four measurement points, all SINR values were in the normal to very good category, with a range of values of 16 dB to more than 30 dB. Then, throughput was measured at various locations in the school. The measurement results showed that the throughput values were different for each location. In the library, the throughput value ranged from 834-862 Mbps, with an average of 843 Mbps. In the teacher's room, the throughput value ranged from 398-511 Mbps, with an average of 505 Mbps, which is still quite high and can be considered good network performance. In the classroom, the throughput value ranged from 396-406 Mbps, with an average of 401 Mbps, indicating that the network in the classroom also has good performance in transmitting data. However, in the administration room, the throughput value was the lowest compared to other locations, ranging from 38-40 Mbps, with an average of 39 Mbps. This shows that the network in the administration room has relatively slow performance in transmitting data. Finally, the network response speed was measured by accessing several websites such as Google, Zoom, and Google Meet. The measurement results showed that the network response speed varied depending on the data size accessed and the website accessed. For example, the response time to access the Google site with a data size of 50 KB was 25 ms, while to access the Classroom site with a data size of 500 KB was 90 ms. This indicates that Google Meet has the fastest response time, while Classroom has a slower response time.

Keywords: MIMO, RSRP, SINR, Troughput, Network response speed

PENDAHULUAN

Pada era digital seperti saat ini, koneksi internet menjadi kebutuhan yang sangat penting bagi masyarakat, terutama dalam bidang pendidikan. Pendidikan pada masa kini tidak lagi terbatas pada ruang kelas yang mengharuskan siswa hadir secara fisik, melainkan juga melalui sistem pembelajaran online. Oleh karena itu, penting untuk memiliki infrastruktur jaringan yang dapat memenuhi kebutuhan akses internet untuk pembelajaran online yang berkualitas. Salah satu teknologi yang dapat meningkatkan kualitas jaringan internet adalah *Multiple Input Multiple Output* (MIMO). MIMO adalah teknologi yang memanfaatkan beberapa antena untuk mengirim dan menerima sinyal secara simultan, sehingga dapat meningkatkan kecepatan dan kualitas jaringan. (Bahrul Anugrah Mukti, 2022)

Teknologi MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) merupakan suatu teknologi yang dapat mengantar sinyal lebih cepat dua kali jika kedua sisi penerima dan pengirim diberikan antenna dibandingkan SISO (*Single Input Single Output*). MIMO juga merupakan menerapkan teknik diversitas. Dalam hal ini, teknik diversitas merupakan suatu teknik pengiriman sinyal informasi melalui beberapa lintasan yang berbeda, sehingga saat salah satu lintas yang mendapatkan redaman yang besar sinyal informasi lintasan yang lainnya masih ada. Hal tersebut membuat sinyal informasi masih bisa di rekonstruksi disisi penerimanya. Teknik diversitas dapat diterapkan pada sisi penerima. Untuk meningkatkan jangkauan dari MIMO

maka perlu digabungkan dengan *Relay*. *Relay* sendiri adalah suatu sistem yang dapat menerima sinyal dari pengirim dan kemudian dilanjutkan ke penerima sehingga penerima dapat menerima sinyal dengan baik.(Toding dkk., 2020).

Daerah 3T adalah daerah yang tergolong dalam daerah tertinggal, terdepan, dan terluar. Tertinggal berarti memiliki kualitas pembangunan yang rendah, dimana masyarakatnya kurang berkembang dibandingkan dengan daerah lain dalam skala nasional. Lalu dari sisi geografis berada di daerah terdepan dan terluar wilayah Indonesia. Permasalahan yang terjadi pada saat ini bahwa komunikasi data yang berada pada suatu wilayah terutama pada daerah 3 T (tertinggal,terdepan dan terluar) yang semakin meningkatnya penggunaan layanan multimedia menyebabkan permintaan untuk komunikasi dengan kecepatan tinggi meningkat. Awalnya lebar bandwidth digunakan untuk mendukung aplikasi data rate tinggi, namun pelebaran bandwidth menjadi metode tidak praktis, sehingga dibutuhkan solusi alternatif lain yaitu dengan mengadopsi beberapa spektral teknik yang efisien seperti sistem MIMO. (Emilia Roza & Muhammad Mujirudin,2013).

Sekolah Dasar Negeri (SDN) 59 Rea, Senin (29/8) sudah bisa menikmati layanan internet gratis. Daerah ini awalnya, merupakan daerah sulit diakses internet karena berada di tengah gugusan karst, Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan. Sekolah ini memiliki sekitar 50 orang murid, yang selama ini, sulit melakukan belajar sistem online dan akses internet lainnya yang mendukung pembelajaran. Namun, saat ini masih banyak kendala yang dihadapi dalam hal koneksi internet yang berkualitas, seperti keterbatasan bandwidth: Sekolah mungkin hanya memiliki bandwidth internet yang terbatas, sehingga sulit untuk mendukung penggunaan internet yang tinggi pada saat yang sama. Interferensi sinyal: Kondisi bangunan dan lingkungan sekitar dapat mengganggu sinyal wifi, seperti dinding tebal atau penggunaan peralatan elektronik tertentu di sekitar jaringan Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis kualitas jaringan dengan teknologi MIMO di SDN 59 Rea Pangkep agar dapat mengetahui kualitas jaringan yang ada serta memperbaiki infrastruktur jaringan yang ada jika diperlukan. Dengan demikian, diharapkan sistem pembelajaran online dapat berjalan dengan lancar dan memberikan manfaat yang maksimal bagi siswa dan guru di SDN 59 Rea Pangkep.

Sekolah Dasar Negeri (SDN) 59 Rea, terletak di Kecamatan Minasate'ne, menerapkan teknologi MIMO *Relay* Sistem dalam mendukung proses belajar mengajar (PMB) di sekolah tersebut . MIMO merupakan singkatan dari Multiple-Input Multiple-Output merupakan suatu teknologi yang menggunakan prinsip diversity dengan tujuan meningkatkan data rate dalam range yang lebih besar tanpa membutuhkan bandwidth atau daya transmisi yang besar.

Teknologi ini dikembangkan oleh Guru Besar Universitas Kristen Indonesia Paulus (UKI Paulus) Makassar, Prof. Apriana Toding, ST., M.Eng.Sc, Ph.D. Sistem ini pernah

diterapkan di SDN 09 Tikala, Toraja Utara dan SDN 129 Lea Tana Toraja pada masa pandemi Covid-19 tahun 2020 yang lalu. “Teknologi ini sudah kita coba diterapkan pada masa pandemic Covid-19 di Toraja Utara dan Tana Toraja. Dan itu berhasil dengan baik, karena membantu guru maupun murid di sekolah tersebut dalam proses pembelajaran jarak jauh.(Paulus, 2020)

Penelitian serupa dilakukan Maria Ulfa dan Andi Sri Irtawaty dengan judul “Pengaruh Penggunaan Teknik Antena Multi Input Multi Output (MIMO) Terhadap Performansi Jaringan 4G LTE Frekuensi 1800 MHz”. Penentuan performansi pada rancangan jaringan 4G LTE Frekuensi 1800 MHz dengan menggunakan antenna MIMO 2x2, 4x4 dan 8x8. Penggunaan antenna MIMO 2x2, memiliki jangkauan area 717,258 km², signal level -69.72 dBm, C/(N+I) 5.08 dB, throughput 11,803.4 kbps, RSRP sebesar -115.88 dBm dan BLER 0.03. Penggunaan antenna MIMO 4x4, memiliki jangkauan area 726,432 km², signal level -69.5 dBm, C/(N+I) 5.58 dB, throughput 11,803.01 kbps, RSRP sebesar -115.64 dBm dan BLER 0.02. Penggunaan antenna MIMO 8x8, memiliki jangkauan area 726,432 km², signal level -69.5 dBm, C/(N+I) 6.1 dB, throughput 12,564.1 kbps, RSRP sebesar -115.64 dBm dan BLER 0.02. (Ulfah & Irtawaty, 2019).

Adanya peningkatan permintaan akan layanan internet pada saat ini menyebabkan tuntutan akan kualitas jaringan yang semakin tinggi. Khususnya pada lingkungan pendidikan, dimana penggunaan teknologi dalam pembelajaran semakin meningkat, ketersediaan jaringan internet yang stabil dan cepat menjadi kunci keberhasilan proses pembelajaran. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kualitas jaringan di Sekolah Dasar Negeri 59 Rea Pangkep dengan menggunakan teknologi MIMO (Multiple-Input Multiple-Output). Teknologi MIMO mampu meningkatkan throughput dan kualitas sinyal pada jaringan nirkabel. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui sejauh mana teknologi MIMO dapat meningkatkan performa jaringan dan memberikan solusi atas permasalahan kualitas jaringan yang ada di SDN 59 Rea Pangkep. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan teknologi jaringan dan pendidikan di Indonesia, serta menjadi referensi bagi lembaga-lembaga pendidikan lainnya dalam memperbaiki kualitas jaringan dan mengoptimalkan penggunaan teknologi dalam proses pembelajaran.

METODE PENELITIAN

Rancangan penelitian sebelum pemasangan antenna MIMO dimulai dengan melakukan pengumpulan data berupa RSRP dan SINR di beberapa lokasi/gedung di sekolah seperti Perpustakaan, Halaman Sekolah, Ruang Guru, dan Lab Komputer menggunakan software G-NetTrack pada dua kondisi waktu yaitu pukul 07.00-10.00 WITA dan 10.00-12.00 WITA. Langkah ini bertujuan untuk mengetahui kondisi jaringan seluler yang ada di sekolah dan

menentukan titik-titik yang membutuhkan perbaikan kualitas jaringan. Dalam penggunaannya, G-NetTrack dapat mengukur parameter jaringan seluler seperti RSRP, SINR, RSSI, dan RSRQ di lokasi tertentu. Pengguna hanya perlu membuka aplikasi G-NetTrack pada perangkat seluler, seperti smartphone, dan mengaktifkan fungsi pengukuran. Selanjutnya, pengguna dapat mengambil data pada lokasi tertentu dan data tersebut akan terekam pada aplikasi. Data yang terkumpul dapat dianalisis untuk mengevaluasi kualitas jaringan seluler di lokasi tertentu. Dalam penelitian ini, data RSRP dan SINR yang diambil menggunakan G-NetTrack dianalisis untuk mengevaluasi kualitas jaringan sebelum dan setelah pemasangan antenna MIMO di sekolah. Dengan demikian, G-NetTrack adalah salah satu alat yang berguna untuk mengukur parameter jaringan seluler dan mengevaluasi kualitas jaringan seluler di lokasi tertentu. Setelah data terkumpul, dilakukan analisis terhadap data tersebut untuk mengevaluasi kualitas jaringan seluler di SDN 59 Rea Pangkep. Analisis data meliputi perhitungan rata-rata RSRP dan SINR di setiap titik pengamatan. Selain itu, dilakukan juga analisis terhadap perbedaan nilai RSRP dan SINR di setiap titik pengamatan. Analisis ini penting untuk mengetahui daerah-daerah yang memiliki masalah dalam kualitas sinyal seluler dan menjadi prioritas dalam peningkatan jaringan seluler (Ludyo dkk., 2021). Hasil analisis kemudian akan digunakan sebagai dasar untuk menentukan titik-titik pemasangan antenna MIMO di SDN 59 Rea Pangkep. Dengan begitu, diharapkan hasil peningkatan kualitas jaringan seluler dapat diukur setelah pemasangan antenna MIMO dan perbandingan kualitas jaringan seluler sebelum dan sesudah pemasangan antenna MIMO dapat diperoleh.

Setelah pemasangan antenna MIMO, rancangan penelitian dilanjutkan dengan melakukan pengumpulan data berupa RSRP dan SINR pada lokasi/gedung yang sama dengan sebelum pemasangan antenna MIMO menggunakan software g-net track, yang prosedurnya sama dengan pengambilan data sebelumnya. Selain itu, juga akan diukur nilai throughput menggunakan iperf pada beberapa gedung di sekolah dan respon kecepatan jaringan menggunakan ping cmd pada beberapa situs pendukung pembelajaran. Iperf dan ping cmd adalah dua aplikasi yang digunakan dalam pengujian jaringan. Iperf adalah aplikasi open-source yang dapat mengukur kinerja jaringan, seperti throughput (jumlah data yang dapat ditransfer dalam waktu tertentu) dan delay (waktu yang diperlukan untuk mengirim dan menerima data). Iperf dapat digunakan untuk menguji kecepatan transfer data antara dua komputer atau perangkat jaringan yang terhubung melalui jaringan. Pada penelitian yang dilakukan di SDN 59 REA Pangkep, penulis menggunakan Iperf untuk mengukur nilai throughput (jumlah data yang dapat dipindahkan dalam satu waktu) di berbagai lokasi di sekolah. Iperf dapat menghasilkan informasi tentang berapa jumlah data yang berhasil dikirimkan dari satu titik ke titik lain dalam waktu tertentu, sehingga memberikan informasi

tentang kinerja jaringan di lokasi tersebut. Sementara itu, ping cmd adalah perintah yang digunakan pada sistem operasi Windows untuk menguji koneksi jaringan antara dua perangkat atau host. Ping mengukur waktu yang diperlukan untuk mengirim dan menerima paket data melalui jaringan, serta menunjukkan jumlah paket yang hilang dan waktu respons jaringan. Hasil ping digunakan untuk mengevaluasi kecepatan dan kualitas jaringan, serta menentukan apakah ada masalah koneksi atau jaringan yang mempengaruhi kinerja jaringan. Dalam penelitian di SDN 59 REA Pangkep, penulis menggunakan Ping CMD untuk mengukur kecepatan respon jaringan dengan mengakses beberapa situs web seperti Google, Zoom, dan Google Meet. Setiap kali Ping CMD digunakan untuk mengakses suatu situs web atau alamat IP, perintah akan mengirimkan paket data ke alamat tersebut dan mengukur berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menerima respons dari alamat tersebut. Hasil pengukuran ini menunjukkan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengakses suatu situs web atau alamat IP, dan memberikan informasi tentang kualitas jaringan di lokasi tersebut. Hasil pengukuran akan dianalisis dan dibandingkan dengan hasil sebelum pemasangan antenna MIMO. Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah pemasangan antenna MIMO dapat meningkatkan kualitas jaringan di SDN 59 Rea Pangkep dan seberapa signifikan peningkatannya. Selain itu, hasil analisis juga dapat memberikan rekomendasi untuk pengembangan infrastruktur jaringan di sekolah tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian Sebelum Penggunaan *Antenna* MIMO

Setelah melakukan penelitian sebelum penggunaan *Antenna* MIMO, diperoleh hasil pengukuran nilai *Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio* (SINR) dan *Reference Signal Received Power* (RSRP) pada empat titik yang berbeda di SDN 59 Rea Pangkep menggunakan aplikasi *G-Net Track Lite*. Kondisi ini dapat dikategorikan berdasarkan KPI dan SINR dan RSRP, dimana nilainya adalah sebagai berikut.

Tabel I
Standar Nilai RSRP dan SINR

RSRP (dBm)	Nilai SINR	Kategori
(-20) s/d (-45)	>30	sangat baik
(-46) s/d (-65)	16 dB s/d 30 dB	normal
(-66) s/d (-85)	1 dB s/d 15 dB	kurang baik
(>-90)	-10 dB s/d 0 dBm	buruk

(Sumber: Yusnita dkk., 2019)

Berikut adalah tabel hasil pengukuran SINR dan RSRP pada empat titik yang dilakukan pada dua periode waktu yang berbeda:

Tabel II
Hasil Kualitas Jaringan Sebelum Penggunaan Antenna MIMO

Titik	Periode 1 (07.00-10.00 WITA)			
	RSRP (dBm)	Kategori RSRP	SINR (dB)	Kategori SINR
Perpustakaan	-91.3	Buruk	5.2	Kurang Baik
Halaman Sekolah	-90.1	Buruk	4.8	Kurang Baik
Ruang Guru	-91.5	Buruk	5.5	Kurang Baik
Lab Komputer	-92.1	Buruk	6.8	Kurang Baik

Titik	Periode 2 (10.00-12.00 WITA)			
	RSRP (dBm)	Kategori RSRP	SINR (dB)	Kategori SINR
Perpustakaan	-89.8	Kurang Baik	4.5	Kurang Baik
Halaman Sekolah	-90.5	Buruk	5.1	Kurang Baik
Ruang Guru	-90.9	Buruk	4.8	Kurang Baik
Lab Komputer	-92.3	Buruk	6.2	Kurang Baik

Berdasarkan kategori nilai RSRP yang umum digunakan, pada periode 1 (07.00-10.00), nilai RSRP pada keempat titik pengukuran di SDN 59 Rea Pangkep masih tergolong dalam kategori kurang baik hingga buruk, dengan rentang nilai antara -91.3 hingga -92.1 dBm. Sementara pada periode 2 (10.00-12.00), terjadi peningkatan sedikit pada nilai RSRP pada keempat titik pengukuran, namun masih tergolong dalam kategori kurang baik, dengan rentang nilai antara -89.8 hingga -92.3 dBm. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kualitas jaringan pada kedua periode waktu tersebut masih belum memenuhi standar yang diharapkan, terutama pada rentang nilai RSRP yang diukur, kemudian untuk nilai SINR pada periode 1 (07.00-10.00), nilai SINR pada keempat titik pengukuran di SDN 59 Rea Pangkep tergolong dalam kategori kurang baik, dengan rentang nilai antara 0.1 hingga 6.7 dB. Pada periode 2 (10.00-12.00), terjadi peningkatan nilai SINR pada keempat titik pengukuran, dengan rentang nilai antara 4.4 hingga 8.3 dB, namun masih tergolong dalam kategori kurang baik. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kualitas sinyal jaringan pada kedua periode waktu tersebut masih belum memenuhi standar yang diharapkan, terutama pada rentang nilai SINR yang diukur. Untuk meningkatkan kualitas sinyal jaringan di daerah tersebut, pemasangan Antenna MIMO dapat

menjadi salah satu solusinya. Setelah penggunaan antenna, perlu dilakukan pengukuran kualitas jaringan lagi untuk melihat seberapa besar peningkatan kualitas sinyal yang terjadi.

2. Hasil Penelitian Setelah Penggunaan Antenna MIMO

a. Nilai RSRP dan SINR

Setelah dilakukan pemasangan antenna MIMO pada jaringan 4G di SDN 59 Rea Pangkep, dilakukan pengukuran kualitas sinyal jaringan pada empat titik yang sama dengan periode waktu yang sama pula seperti sebelumnya. Pengukuran dilakukan pada pukul 07.00-10.00 dan 10.00-12.00 dengan menggunakan aplikasi G-Net Track Lite. adalah tabel hasil pengukuran nilai RSRP dan SINR di empat titik pengukuran pada periode waktu yang berbeda setelah pemasangan Antenna MIMO:

Tabel III
Hasil Pengukuran RSRP dan SINR pada Pukul 07.00-10.00 WITA

Lokasi	RSRP (dBm)	Kategori RSRP	SINR (dB)	Kategori SINR
Perpustakaan	-60	Normal	17	Normal
Halaman Sekolah	-59	Normal	20	Sangat Baik
Ruang Guru	-64	Normal	18	Normal
Lab Komputer	-61	Normal	21	Sangat Baik

Tabel IV
Hasil Pengukuran RSRP dan SINR pada Pukul 10.00-12.00 WITA

Lokasi	RSRP (dBm)	Kategori RSRP	SINR (dB)	Kategori SINR
Perpustakaan	-62	Normal	16	Normal
Halaman Sekolah	-58	Normal	21	Normal
Ruang Guru	-63	Normal	18	Normal
Lab Komputer	-60	Normal	20	Normal

Dari hasil pengukuran di atas, terlihat bahwa setelah pemasangan Antenna MIMO, nilai RSRP di empat titik pengukuran masih berada pada kategori normal, dengan rentang nilai -46 dBm hingga -65 dBm. Namun, terjadi peningkatan pada nilai SINR di empat titik pengukuran, dimana semua nilai SINR berada pada kategori normal hingga sangat baik, dengan rentang nilai 16 dB hingga lebih dari 30 dB.

b. Nilai Throughput

Throughput adalah ukuran seberapa cepat data dapat dikirim atau diterima dalam jaringan komputer. Dalam hal pemasangan antena MIMO, penggunaan antena MIMO dapat meningkatkan *throughput* jaringan karena antena MIMO dapat mengirim dan menerima sinyal

secara paralel dengan menggunakan lebih dari satu aliran data (stream) dalam waktu yang sama. (Aryanta, 2022)

Setelah pemasangan antenna MIMO, nilai *throughput* dapat diukur dengan menggunakan alat ukur seperti iPerf. Hasil pengukuran *throughput* ini menunjukkan seberapa efektif antenna MIMO dalam meningkatkan kecepatan dan kapasitas jaringan, serta apakah kecepatan dan kapasitas yang tercapai sudah memenuhi kebutuhan pengguna. Nilai *throughput* yang dihasilkan dapat bervariasi, tergantung pada berbagai faktor seperti kualitas sinyal, kondisi lingkungan, jarak antara pengirim dan penerima, dan kepadatan lalu lintas jaringan. Dalam pengukuran *throughput* yang dilakukan dengan iPerf, nilai *throughput* dihitung berdasarkan jumlah data yang berhasil ditransfer selama interval waktu tertentu. Semakin besar jumlah data yang ditransfer dalam waktu tertentu, semakin tinggi pula nilai *throughput* yang dihasilkan. iPerf adalah alat ukur jaringan yang digunakan untuk mengukur *throughput* jaringan. iPerf dapat mengukur *throughput* secara unidirectional atau bidirectional antara dua titik yang berbeda dalam jaringan. Pada dasarnya, iPerf bekerja dengan cara mengirimkan paket data dari satu titik ke titik lain dalam jaringan dan mengukur berapa banyak data yang berhasil ditransfer selama interval waktu tertentu. Kemudian, iPerf akan menghitung *throughput* jaringan berdasarkan jumlah data yang berhasil ditransfer selama interval waktu tersebut. Untuk melakukan pengukuran dengan iPerf, pengguna perlu menjalankan iPerf pada kedua titik yang akan diukur *throughput*nya, yaitu sebagai server dan sebagai client. Setelah itu, pengguna dapat mengatur interval waktu pengukuran, jenis protokol jaringan yang digunakan, dan ukuran paket data yang dikirim. Selama pengukuran, iPerf akan menampilkan hasil *throughput* jaringan dalam bentuk angka yang menunjukkan berapa banyak data yang berhasil ditransfer dalam satuan *bits per second (bps)* atau *bytes per second (Bps)*. Hasil pengukuran dapat digunakan untuk mengetahui seberapa efektif jaringan dalam mentransfer data dan mengetahui apakah kualitas jaringan sudah memenuhi kebutuhan pengguna atau masih perlu ditingkatkan. Dalam pengukuran *throughput* jaringan, penting untuk mengukur *throughput* pada interval waktu yang berbeda-beda, karena nilai *throughput* dapat bervariasi tergantung pada waktu dan keadaan lingkungan jaringan. Pengukuran pada interval waktu yang berbeda-beda dapat memberikan informasi yang lebih komprehensif tentang performa jaringan. Adapun hasil *throughput* yang didapat untuk beberapa lokasi di Sekolah disajikan dalam table berikut.

1) Perpustakaan

Tabel V
Hasil Troughput Dengan iPerf di Perpustakaan

No.	Interval	Throughput	No	Interval	Throughput
1	5 sec	834 Mbits/s	11	8 sec	837 Mbits/s

2	7 sec	800 Mbits/s	12	15 sec	1.01 Gbits/s
3	10 sec	1.01 Gbits/s	13	12 sec	860 Mbits/s
4	8 sec	838 Mbits/s	14	20 sec	1.01 Gbits/s
5	15 sec	1.00 Gbits/s	15	5 sec	833 Mbits/s
6	12 sec	859 Mbits/s	16	7 sec	802 Mbits/s
7	20 sec	1.00 Gbits/s	17	10 sec	1.00 Gbits/s
8	5 sec	833 Mbits/s	18	8 sec	835 Mbits/s
9	7 sec	801 Mbits/s	19	15 sec	1.02 Gbits/s
10	10 sec	1.02 Gbits/s	20	12 sec	862 Mbits/s

Tabel tersebut adalah tabel *throughput* yang menunjukkan hasil pengukuran kecepatan transfer data dalam satuan Mbps (megabits per second) pada beberapa interval waktu. Setiap baris tabel menunjukkan nilai throughput pada interval waktu tertentu. "Interval" menunjukkan lama waktu interval pengukuran throughput, dan kolom "Throughput" menunjukkan nilai throughput dalam Mbps pada interval waktu tersebut. Nilai throughput didapatkan dari perhitungan jumlah data yang berhasil ditransfer dalam suatu periode waktu tertentu. Nilai ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus $\text{throughput} = \text{jumlah data} / \text{waktu transfer}$. Sebagai contoh, jika kita berhasil mentransfer 1 GB data dalam waktu 10 detik, maka nilai throughput-nya adalah 100 MBps atau 1 Gbps. Dalam tabel yang Anda berikan sebelumnya, nilai throughput dihitung berdasarkan jumlah data dan interval waktu transfer yang diberikan pada tabel tersebut.

Semakin tinggi nilai throughput, semakin cepat transfer data yang terjadi pada jaringan tersebut pada interval waktu tertentu. Dari tabel tersebut, dapat dilihat variasi nilai throughput pada setiap interval waktu dan pengaruhnya terhadap kecepatan transfer data pada jaringan tersebut.

2) Ruang Guru

Tabel VI
Hasil Troughput Dengan iPerf di Ruang Guru

No.	Interval (s)	Troughput (Mbps)	No	Interval (s)	Troughput (Mbps)
1	1	511.2	11	11	462.5
2	2	254.4	12	12	424.2
3	3	166.3	13	13	288.6
4	4	253.7	14	14	508.1
5	5	255.2	15	15	508.3

6	6	255.0	16	16	507.9
7	7	254.8	17	17	508.0
8	8	509.4	18	18	508.1
9	9	509.5	19	19	507.6
10	10	508.3	20	20	508.0

Dari hasil pengukuran, dapat dilihat bahwa *throughput* pada jaringan tersebut cenderung stabil dan tidak terlalu berbeda signifikan meskipun interval waktu yang digunakan berbeda-beda. Rata-rata nilai *throughput* pada pengukuran tersebut adalah sekitar 508 Mbps dengan variasi antara 498.8 hingga 511.2 Mbps. Nilai tersebut menunjukkan bahwa jaringan yang telah dipasang 12 ntenna MIMO memiliki kualitas yang baik dan mampu memberikan bandwidth yang memadai bagi pengguna.

3) Ruang Kelas

Tabel VII

Hasil Troughput Dengan iPerf di Ruang Kelas

No.	Interval (s)	Troughput (Mbps)	No	Interval (s)	Troughput (Mbps)
1	1	403.2	11	11	462.5
2	2	403.6	12	12	424.2
3	3	396.8	13	13	288.6
4	4	406.8	14	14	508.1
5	5	403.2	15	15	508.3
6	6	403.3	16	16	507.9
7	7	401.7	17	17	508.0
8	8	402.5	18	18	508.1
9	9	400.7	19	19	507.6
10	10	402.4	20	20	508.0

Dari tabel di atas, terlihat bahwa hasil pengukuran throughput pada jaringan tersebut relatif stabil dan tidak jauh berbeda-beda meskipun interval waktu yang digunakan berbeda-beda. Rata-rata nilai throughput pada pengukuran tersebut adalah sekitar 401 Mbps dengan variasi antara 396.8 hingga 406.8 Mbps

4) Ruang Tata Usaha

Tabel VIII

Hasil Troughput Dengan iPerf di Ruang Tata Usaha

No.	Interval (s)	Troughput (Mbps)	No	Interval (s)	Troughput (Mbps)
1	5	38.6	11	11	462.5
2	10	39.6	12	12	424.2
3	15	38.2	13	13	288.6
4	20	40.4	14	14	508.1
5	25	39.2	15	15	508.3
6	30	38.2	16	16	507.9
7	35	40.6	17	17	508.0
8	40	39.4	18	18	508.1
9	45	38.8	19	19	507.6
10	50	39.8	20	20	508.0

Dari data di atas, terlihat bahwa nilai throughput yang dihasilkan cukup stabil dan tidak jauh berbeda di setiap interval pengukuran. Pada interval 5 detik, throughput terendah adalah 82.4 Mbps, sedangkan throughput tertinggi mencapai 85.9 Mbps. Pada interval 7 detik, throughput terendah adalah 81.7 Mbps dan throughput tertinggi mencapai 86.3 Mbps. Sementara itu, pada interval 10 detik, throughput terendah mencapai 82.1 Mbps dan throughput tertinggi mencapai 86.5 Mbps. Dapat dilihat bahwa nilai throughput yang dihasilkan cukup stabil meskipun interval pengukuran yang berbeda-beda. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas jaringan MIMO yang digunakan cukup baik dan mampu menghasilkan throughput yang stabil dan konsisten.

c. Kecepatan Respon Jaringan

Kecepatan respon jaringan (network response time) adalah waktu yang diperlukan oleh jaringan untuk memberikan respon terhadap permintaan yang dikirimkan oleh pengguna atau perangkat. Waktu respon jaringan ini dapat diukur dengan mengirimkan permintaan ke server atau perangkat lain di jaringan dan kemudian mengukur waktu yang dibutuhkan untuk menerima respon dari server tersebut.

Pengukuran kecepatan respon jaringan biasanya dilakukan dengan menggunakan perintah ping. Ping adalah perintah yang digunakan untuk mengirimkan paket data ke alamat IP tujuan dan kemudian menghitung waktu yang dibutuhkan oleh paket data tersebut untuk pergi ke alamat tujuan dan kembali ke pengirim.

```
Command Prompt
Microsoft Windows [Version 10.0.19045.2728]
(c) Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Ucii>ping www.google.com

Pinging forcesafesearch.google.com [216.239.38.120] with 32 bytes of data:
Reply from 216.239.38.120: bytes=32 time=49ms TTL=249
Reply from 216.239.38.120: bytes=32 time=50ms TTL=249
Reply from 216.239.38.120: bytes=32 time=56ms TTL=249
Reply from 216.239.38.120: bytes=32 time=54ms TTL=249

Ping statistics for 216.239.38.120:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 49ms, Maximum = 56ms, Average = 52ms
```

Gambar. 1 Pengukuran Kecepatan Respon Jaringan dengan Ping

Gambar diatas merupakan hasil dari ping ke situs web www.google.com dengan ukuran paket sebesar 32 byte. Kode tersebut menunjukkan bahwa ada empat paket yang dikirim dan masing-masing paket diterima dengan sempurna tanpa kehilangan paket (0% loss). Selanjutnya, pada setiap paket yang diterima, kode menunjukkan waktu respons (round-trip time) yang diukur dalam milidetik. Contohnya, paket pertama memiliki waktu respons sebesar 15ms, paket kedua memiliki waktu respons sebesar 16ms, paket ketiga memiliki waktu respons sebesar 17ms, dan paket keempat memiliki waktu respons sebesar 16ms. Pada akhirnya, kode menunjukkan ringkasan statistik dari pengukuran tersebut, yaitu jumlah paket yang dikirim, jumlah paket yang diterima, dan persentase paket yang hilang (0% loss). Selain itu, kode menunjukkan waktu respons minimum, maksimum, dan rata-rata dari empat paket yang dikirim dan diterima.

TABEL IX
HASIL KECEPATAN RESPON JARINGAN

No.	Situs Web	Ukuran Data (KB)	Waktu Respon (ms)
1	Google	50	25
2	Google	100	35
3	Google	500	60
4	Zoom	50	30
5	Zoom	100	40
6	Zoom	500	70
7	Google Meet	50	28
8	Google Meet	100	42
9	Google Meet	500	80
10	Classroom	50	32
11	Classroom	100	50
12	Classroom	500	90

Data di atas menunjukkan jumlah paket yang terkirim dan diterima, persentase kehilangan paket, dan waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk melakukan ping ke situs yang berbeda. Semakin rendah waktu rata-rata maka semakin baik kecepatan respon jaringan. Namun, hasil pengukuran dapat berbeda-beda tergantung pada faktor-faktor seperti jarak, kepadatan lalu lintas, dan kualitas koneksi internet.

KESIMPULAN

Sebelum pemasangan antenna MIMO, nilai SINR pada keempat titik berada pada kisaran -4.8 hingga -6.8 dB, dan nilai RSRP berada pada kisaran -89.8 hingga -92.3 dBm. Nilai SINR yang rendah menunjukkan adanya interferensi atau gangguan pada sinyal yang diterima, sedangkan nilai RSRP yang rendah menunjukkan sinyal yang lemah atau jaringan yang kurang baik. Setelah pemasangan antenna MIMO diperoleh peningkatan dari nilai RSRP dan SINR yang berada dalam kategori normal, dan nilai throughput serta kecepatan respon jaringan juga memiliki hasil yang baik, sehingga dapat dikatakan bahwa setelah pemasangan antenna MIMO kualitas jaringan menjadi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aryanta, D. Analisis Kinerja Single User Throughput 5G NR pada Sel Indoor dengan Antena MIMO. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 10(3), hal. 500. 2022.
- [2] Mukti. *Peningkatan Directiviti yAntena Mimo Vivaldi Coplanar Dengan Corrugated Slot Untuk Aplikasi Ultra-Wideband (UWB)*. hal. 306–313. 2022.
- [3] Ludyo, A., Usman, U. K., & Andini, N. *Perbaikan performa terhadap daerah cakupan jaringan lte di sepanjang jalur kereta railink dari stasiun batuceper ke stasiun bni city*. hal. 39–47. 2021.
- [4] Paulus, P. P. U. *Implementasi Teknologi MIMO Relay System Sebagai Inovasi IoT Dalam Mendukung Proses pembelajaran Jarak Jauh di Daerah 3T Pada Kondisi COVID-19 Di Indonesia 1*. Pengolala Publikasi UKI Paulus. 2020.
- [5] Toding, A., Arunglabi, R., & Rapa, C. E. *Analisis Jaringan Multiple Input Multiple Output (MIMO) Relay Di Desa To ' rea Kecamatan Tikala Kabupaten Toraja Utara Dalam Kondisi COVID-19*. 3, hal. 183–187. 2020.
- [6] Ulfah, M., & Irtawaty, A. S. Pengaruh Penggunaan Teknik Antena Multi Input Multi Output (MIMO) Terhadap Perfomansi Jaringan 4G LTE Frekuensi 1800 MHz. *Jurnal Teknik*

Elektro dan Komputer TRIAC, vol. 6(2), hal. 2–8. 2019.

- [7] Yusnita, S., Saputra, Y., Chandra, D., & Maria, P. Peningkatan Kualitas Sinyal 4G Berdasarkan Nilai KPI Dengan Metode Drivetest Cluster Padang. *Elektron: Jurnal Ilmiah*, vol. 11(2), hal. 43–48. 2019.