



Optimasi Load Balancing Trafik Jaringan LTE Melalui Implementasi Antena Pro Sectoral 1800 Mhz & 2100 Mhz

Almurozy Mursidan*, Basmallah Ramadhani Aisyah Putri, Indra Sari Kusuma Wardhana

Fakultas Teknik & Ilmu Komputer, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Indraprasta PGRI, Jakarta, Indonesia
Email: ^{1,*}almurozy.mursidan@gmail.com, ²basmallahramadhani08@gmail.com, ³indraskw@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Histori Artikel:

Tanggal Submit : 27 Juni 2026
Tanggal di Terima : 30 Juli 2026
Tanggal Publish : 31 Juli 2026

KORESPONDENSI

Email: almurozy.mursidan@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas implementasi antena pro sectoral pada frekuensi LTE 1800 MHz dan 2100 MHz dalam meningkatkan performansi jaringan LTE di site Kota Wisata, Bogor, Jawa Barat. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif komparatif dengan membandingkan performansi jaringan sebelum dan sesudah implementasi antena pro. Data diperoleh melalui sistem monitoring jaringan operator pada periode 11–12 Mei 2026 (pre-implementation) dan 18–19 Mei 2026 (post-implementation). Parameter yang dianalisis meliputi Payload Main Site, Payload Cluster, dan RSRP Coverage. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi antena pro sectoral mampu meningkatkan performansi jaringan LTE secara signifikan. Payload Main Site meningkat dari 335,42 GB menjadi 726,13 GB atau sebesar 116,48%, sedangkan Payload Cluster meningkat dari 6308,82 GB menjadi 6431,93 GB atau sebesar 1,95%. Selain itu, kualitas coverage jaringan juga mengalami peningkatan yang ditunjukkan oleh kenaikan persentase RSRP > -100 dBm dari 99,09% menjadi 99,85%, serta peningkatan coverage RSRP sebesar 2,11%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa implementasi antena pro sectoral pada LTE 1800 MHz dan 2100 MHz efektif dalam mendistribusikan trafik secara lebih merata, mengurangi potensi congestion, meningkatkan kualitas cakupan sinyal, serta meningkatkan performansi jaringan LTE secara keseluruhan.

Kata Kunci: Jaringan LTE; Load Balancing; Pro Sectoral; Throughput; RSRP

ABSTRACT

This study aims to analyze the effectiveness of implementing a sectoral pro antenna on LTE 1800 MHz and 2100 MHz frequencies in improving LTE network performance at the Kota Wisata site, Bogor, West Java. A quantitative comparative method was employed by comparing network performance before and after the implementation of the pro antenna. Data were collected from the operator's network monitoring system during the pre-implementation period (Mei 11–12, 2026) and the post-implementation period (Mei 18–19, 2026). The analyzed parameters included Main Site Payload, Cluster Payload, and RSRP Coverage. The results indicate that the implementation of the sectoral pro antenna significantly improved LTE network performance. The Main Site Payload increased from 335.42 GB to 726.13 GB, representing an improvement of 116.48%, while the Cluster Payload increased from 6,308.82 GB to 6,431.93 GB, representing an increase of 1.95%. In addition, network coverage quality improved, as indicated by the increase in the percentage of RSRP values greater than -100 dBm from 99.09% to 99.85%, as well as an overall RSRP coverage improvement of 2.11%. These results demonstrate that the implementation of the sectoral pro antenna on LTE 1800 MHz and 2100 MHz frequencies is effective in distributing traffic more evenly, reducing the potential for network congestion, improving signal coverage quality, and enhancing overall LTE network performance.

Keywords: LTE Network; Load Balancing; Pro Sectoral Antenna; Throughput; RSRP

1. PENDAHULUAN

Dalam jaringan seluler LTE, load balancing sangat penting untuk menjaga performansi jaringan tetap optimal terutama pada daerah dengan tingkat penggunaan data yang tinggi.[1], [8], [9]. Pada kondisi normal, distribusi pengguna pada jaringan tidak selalu merata. Beberapa sel dapat mengalami overload akibat tingginya jumlah pengguna aktif.

sedangkan sel lain masih memiliki kapasitas yang cukup besar. Ketidakseimbangan trafik tersebut dapat menyebabkan penurunan kualitas layanan seperti penurunan throughput, tinggi latensi, congestion jaringan, packet loss dan penurunan kualitas jaringan [10]. Permasalahan overload trafik menjadi salah satu tantangan utama dalam pengelolaan jaringan LTE karena operator dituntut untuk menjaga kualitas layanan jaringan secara optimal tanpa harus selalu melakukan penambahan infrastruktur baru yang membutuhkan biaya besar. Ketidakseimbangan trafik terjadi ketika suatu sel menerima jumlah pengguna dan trafik data yang sangat besar dibandingkan sel lain di sekitarnya. Kondisi ini menyebabkan sel tertentu mengalami overload atau congestion, sedangkan sel lain masih memiliki resource radio yang belum dimanfaatkan secara optimal. Overload trafik pada jaringan LTE dapat berdampak pada penurunan performansi jaringan, seperti meningkatnya Physical Resource Block (PRB) utilization, menurunnya throughput pengguna, meningkatnya latency, hingga terjadinya penurunan kualitas layanan komunikasi data[1], [2].

Oleh karena itu, diperlukan metode optimasi jaringan yang mampu mendistribusikan trafik pengguna secara lebih merata sehingga kapasitas jaringan yang tersedia dapat dimanfaatkan secara maksimal. Salah satu metode optimasi yang banyak digunakan pada jaringan LTE adalah load balancing trafik[1]. Load balancing merupakan teknik optimasi jaringan yang bertujuan untuk menyeimbangkan distribusi trafik antar sel, sektor, maupun antar layer frekuensi pada jaringan LTE[3], [4], [5], [6]. Metode ini dilakukan dengan mengalihkan sebagian trafik dari sel yang mengalami kepadatan menuju sel lain yang masih memiliki kapasitas tersedia. Dengan penerapan load balancing, performansi jaringan dapat meningkat karena resource radio pada setiap sel dapat digunakan secara lebih efisien. Selain itu, metode ini juga mampu meningkatkan stabilitas jaringan dan menjaga kualitas layanan pengguna pada area dengan trafik tinggi.[7], [8]. Salah satu implementasi load balancing pada jaringan LTE dapat dilakukan melalui penerapan antena *pro sectoral*. Antena *pro sectoral* merupakan metode optimasi yang digunakan untuk mengatur pola pancaran sinyal dan coverage jaringan agar distribusi trafik pengguna dapat tersebar secara lebih optimal. Dalam mengatur arah pancaran antena, tilt, maupun pola coverage untuk mengarahkan distribusi pengguna ke area yang memiliki kapasitas lebih baik terutama pada kondisi efisiensi antena[4], [11], [12], [13].

Penerapan antena *Pro sectoral* tidak hanya berfungsi sebagai metode pemerataan trafik, tetapi juga mampu meningkatkan kualitas cakupan jaringan LTE. Optimasi coverage melalui antena *pro* dapat memperbaiki parameter radio seperti Reference Signal Received Power (RSRP) dan Signal to Interference Noise Ratio (SINR), sehingga kualitas sinyal yang diterima pengguna menjadi lebih baik. Peningkatan kualitas radio tersebut secara langsung berdampak terhadap peningkatan throughput pengguna dan kestabilan layanan data pada jaringan LTE.[14], [15]

Penelitian ini dilakukan pada site Kota wisata Bogor, Jawa Barat, yang merupakan salah satu area dengan pertumbuhan trafik data yang cukup tinggi. Implementasi antena *pro* dilakukan sebagai metode load balancing untuk mengoptimalkan distribusi trafik pada jaringan LTE di area tersebut. Analisis penelitian dilakukan dengan membandingkan performansi jaringan sebelum dan sesudah implementasi antena *pro* berdasarkan parameter payload main site, payload cluster, dan RSRP coverage.

2. METODOLOGI PENELITIAN

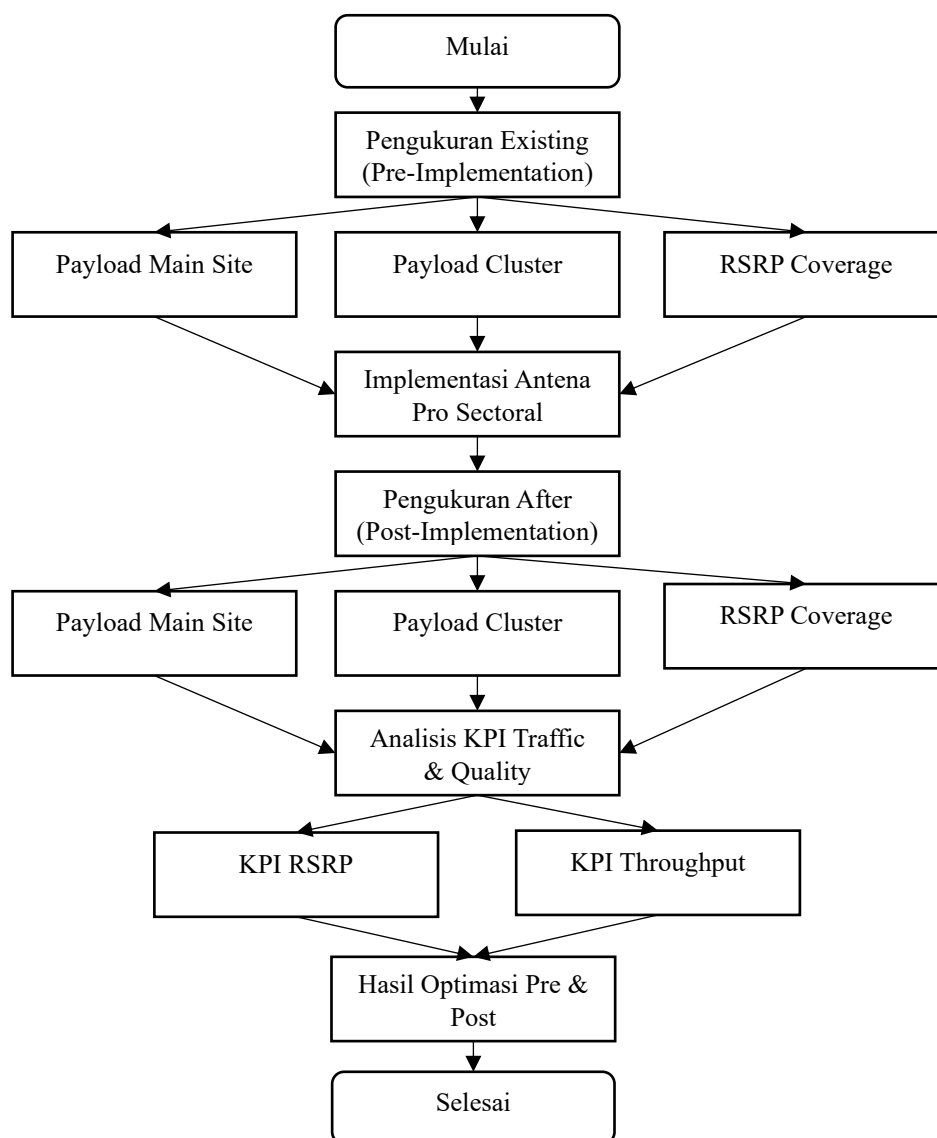
Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan komparatif untuk membandingkan performansi jaringan LTE sebelum dan sesudah implementasi antena *pro sectoral*. Tahapan penelitian diawali dengan pengambilan data awal (*pre-implementation*) melalui monitoring parameter performansi jaringan, seperti Payload Main Site, Payload Cluster, RSRP Coverage, dan statistik trafik LTE. Selanjutnya dilakukan implementasi antena *pro-sectoral* pada Site Kota Wisata sebagai upaya optimasi jaringan dan load balancing trafik. Setelah implementasi, dilakukan kembali pengambilan data (*post-implementation*) menggunakan parameter yang sama. Tahap terakhir adalah menganalisis dan membandingkan data sebelum dan sesudah implementasi berdasarkan indikator KPI, seperti RSRP, *throughput*, dan *payload*, untuk mengetahui efektivitas antena *pro sectoral* dalam meningkatkan kualitas dan kapasitas jaringan LTE.

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian diawali dengan pengukuran kondisi awal jaringan (*Pre-Implementation*) untuk mengetahui performansi jaringan LTE sebelum dilakukan optimasi. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data menggunakan tiga parameter utama, yaitu Payload Main Site, Payload Cluster, dan RSRP Coverage sebagai dasar evaluasi kondisi eksisting jaringan. Selanjutnya dilakukan implementasi antena *pro sectoral* pada Site Kota Wisata. Implementasi ini bertujuan untuk mengoptimalkan distribusi trafik (*load balancing*) sehingga beban trafik pada sektor yang mengalami kepadatan dapat dialihkan dan kualitas layanan jaringan meningkat.

Setelah pros implementasi selesai, dilakukan pengukuran kondisi jaringan setelah implementasi (*Post-Implementation*) dengan menggunakan parameter yang sama, yaitu Payload Main Site, Payload Cluster, dan RSRP Coverage. Pengukuran ini bertujuan untuk memperoleh data performansi jaringan setelah dilakukan optimasi. Data hasil pengukuran sebelum dan sesudah implementasi kemudian dianalisis melalui analisis Key Performance Indicator (KPI) Traffic dan Quality. Analisis difokuskan pada dua indikator utama, yaitu KPI RSRP untuk mengevaluasi kualitas cakupan sinyal serta KPI Throughput untuk mengukur kapasitas dan kecepatan transfer data jaringan LTE.

Tahap terakhir adalah membandingkan hasil optimasi sebelum dan sesudah implementasi antena *pro sectoral*. Hasil perbandingan tersebut digunakan untuk mengetahui efektivitas implementasi antena dalam meningkatkan kualitas cakupan sinyal, kapasitas jaringan, serta performansi layanan LTE secara keseluruhan. Setelah seluruh pros analisis selesai, penelitian dinyatakan selesai.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.2 Lokasi Penelitian

Site Kota wisata merupakan salah satu site LTE yang memiliki trafik pengguna cukup tinggi sehingga diperlukan optimasi jaringan untuk menjaga kualitas layanan.

Tabel 1. Lokasi Implementasi

Parameter	Keterangan
Site Name	Kota Wisata
OA Date	17 Mei 2026
Antenna Height	40 Meter
Azimuth	60°
Network Element	1800 Mhz & 2100 Mhz

Implementasi antenna pro sectoral dilakukan pada sektor dengan arah azimuth 60° dan menggunakan kombinasi frekuensi 1800 MHz dan 2100 Mhz. Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada kondisi trafik site yang mengalami peningkatan penggunaan layanan data sehingga berpotensi menimbulkan overload trafik pada jaringan. Oleh karena itu, site ini dipilih sebagai objek penelitian untuk mengevaluasi efektivitas implementasi antenna pro sebagai metode load balancing trafik.

2.3 Metode Pengambilan Data

Data penelitian diperoleh melalui pros monitoring performansi jaringan LTE menggunakan sistem monitoring operator sebelum dan sesudah implementasi antenna pro sectoral.

Pengambilan data dilakukan dalam dua periode pengamatan, yaitu:

- Data sebelum implementasi (pre-implementation) pada tanggal 11–12 Mei 2026.
- Data sesudah implementasi (post-implementation) pada tanggal 18–19 Mei 2026.

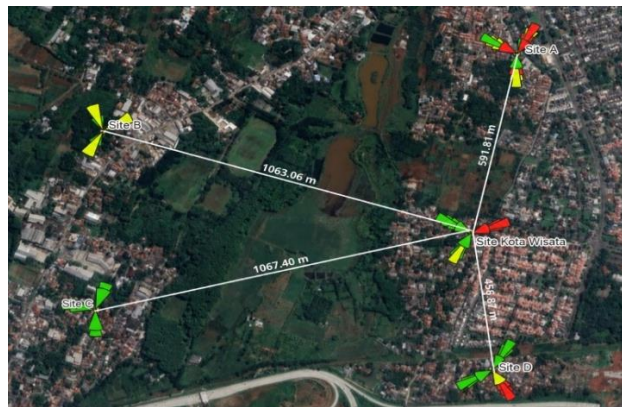
Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini meliputi Payload Main Site, Payload Cluster, RSRP Coverage, Traffic Hourly Payload, dan statistik performansi LTE. Parameter-parameter tersebut digunakan untuk menganalisis kondisi jaringan serta mengevaluasi perubahan performansi sebelum dan sesudah implementasi antena pro sectoral.

Pengumpulan data dilakukan selama 24 jam untuk memperoleh gambaran trafik jaringan secara menyeluruh pada kondisi busy hour maupun non-busy hour. Metode pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah melakukan monitoring performansi jaringan LTE sebelum implementasi antena pro sectoral untuk memperoleh data kondisi awal jaringan. Selanjutnya, dilakukan implementasi antena pro sectoral pada site Kota Wisata sebagai solusi optimasi dan load balancing trafik. Setelah pros implementasi selesai, dilakukan kembali monitoring performansi jaringan untuk memperoleh data kondisi jaringan setelah optimasi. Data yang diperoleh kemudian didokumentasikan dan dianalisis dengan membandingkan nilai Key Performance Indicator (KPI) sebelum dan sesudah implementasi guna mengetahui pengaruh serta efektivitas antena pro sectoral dalam meningkatkan performansi jaringan LTE.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

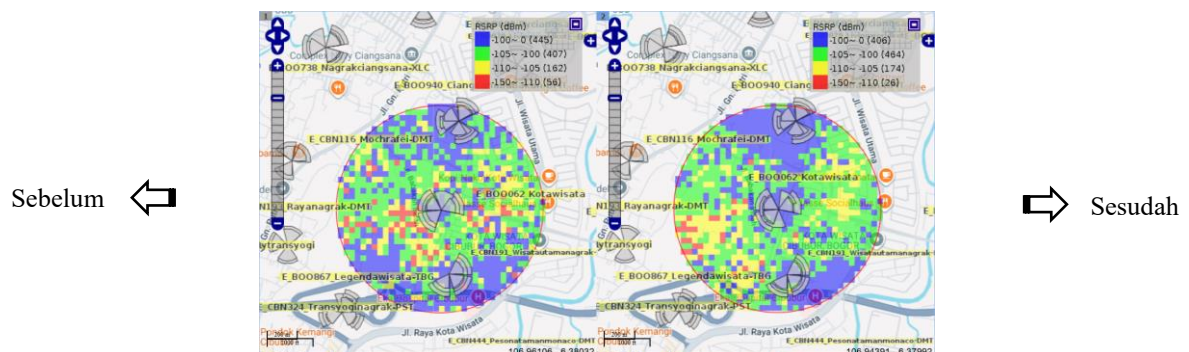
3.1 Hasil Implementasi Antena Pro Sectoral

Implementasi antena pro pada site Kotawisata dilakukan sebagai metode load balancing trafik untuk meningkatkan distribusi trafik pengguna pada jaringan LTE. Pros implementasi dilaksanakan pada tanggal 17 Mei 2026 dengan konfigurasi jaringan LTE pada band frekuensi 1800 MHz & 2100 Mhz. Gambar 2 menunjukkan lokasi implementasi antena pro pada Site Kota Wisata beserta hubungan dengan site-site di sekitarnya. Implementasi dilakukan untuk mengoptimalkan distribusi trafik pengguna melalui mekanisme load balancing pada jaringan LTE.



Gambar 2. Konfigurasi jaringan LTE site Kota Wisata

Berdasarkan hasil monitoring performansi jaringan sebelum dan sesudah implementasi antena pro sectoral, diperoleh perubahan nilai Key Performance Indicator (KPI) yang menunjukkan adanya peningkatan performansi jaringan LTE. Hasil pengukuran performansi jaringan pada gambar 3 yang menunjukkan perbandingan cakupan sinyal Reference Signal Received Power (RSRP) pada Site Kota Wisata sebelum (pre-implementation) dan sesudah (post-implementation) implementasi antena pro sectoral. Perbandingan ini digunakan untuk mengevaluasi perubahan kualitas cakupan sinyal sebagai dampak dari pros optimasi jaringan LTE.

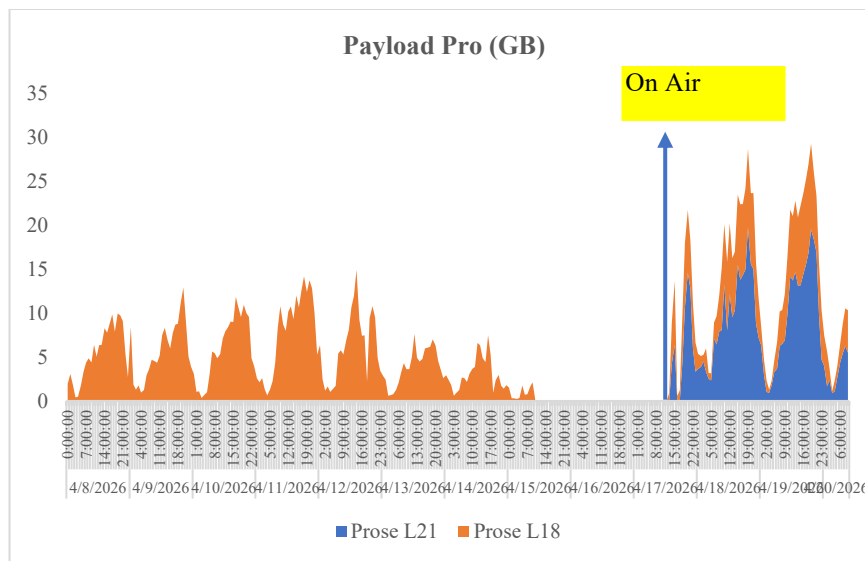


Gambar 3. Hasil pengukuran KPI

Berdasarkan Gambar 3, terlihat adanya perubahan distribusi nilai RSRP setelah implementasi antena prose sectoral. Sebelum implementasi, area cakupan masih didominasi oleh kualitas sinyal yang bervariasi dengan beberapa titik memiliki level sinyal yang relatif rendah. Setelah implementasi, distribusi cakupan menjadi lebih merata yang ditunjukkan dengan meningkatnya dominasi area berwarna hijau, sehingga menunjukkan perbaikan kualitas sinyal pada area layanan. Hasil ini mengindikasikan bahwa implementasi antena prose sectoral mampu meningkatkan kualitas cakupan (coverage) sekaligus mendukung proses load balancing trafik pada jaringan LTE.

3.2 Hasil dan Pembahasan Payload Main Site

Pada gambar 4 menunjukkan perbandingan payload main site sebelum dan sesudah implementasi antenna prose sectoral pada Site Kota Wisata. Parameter payload digunakan untuk mengevaluasi perubahan kapasitas trafik data yang dilayani oleh site sebagai indikator efektivitas implementasi load balancing pada jaringan LTE.

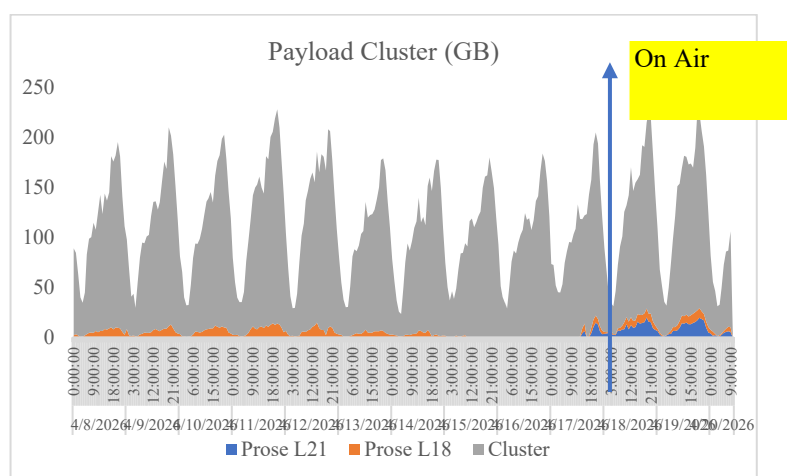


Gambar 4. Payload pro

Berdasarkan Gambar 4, terlihat bahwa payload main site mengalami peningkatan setelah implementasi antenna prose sectoral. Hasil pengukuran menunjukkan nilai payload meningkat dari 335,42 GB pada kondisi sebelum implementasi menjadi 726,13 GB setelah implementasi, atau bertambah sebesar 390,71 GB. Peningkatan tersebut setara dengan 116,48%, yang menunjukkan adanya peningkatan kapasitas trafik data yang dapat dilayani oleh site. Peningkatan payload ini mengindikasikan bahwa implementasi antenna prose sectoral berhasil mengoptimalkan proses load balancing sehingga distribusi trafik pengguna menjadi lebih merata. Dengan memanfaatkan kombinasi frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz, beban trafik yang sebelumnya terpusat pada sektor tertentu dapat didistribusikan secara lebih efisien. Kondisi tersebut meningkatkan utilisasi sumber daya jaringan, mengurangi potensi overload pada sektor dengan trafik tinggi, serta meningkatkan kapasitas layanan data pada Site Kota Wisata. Hasil ini menunjukkan bahwa implementasi antenna prose sectoral memberikan dampak positif terhadap performansi jaringan LTE, khususnya dalam meningkatkan kemampuan site dalam melayani trafik pengguna.

3.3 Hasil dan Pembahasan Payload Cluster

Gambar 5 menunjukkan perbandingan payload cluster sebelum dan sesudah implementasi antenna prose sectoral pada Site Kota Wisata. Parameter payload cluster digunakan untuk mengevaluasi perubahan total trafik data pada beberapa site dalam satu cluster sebagai indikator efektivitas implementasi load balancing terhadap performansi jaringan LTE secara keseluruhan.



Gambar 5. Payload Cluster

Berdasarkan Gambar 5, terlihat bahwa payload cluster mengalami peningkatan setelah implementasi antenna prose sectoral. Hasil monitoring menunjukkan nilai payload cluster meningkat dari 6.308,82 GB sebelum implementasi menjadi 6.431,93 GB setelah implementasi, atau bertambah sebesar 123,11 GB dengan persentase

peningkatan 1,95%. Meskipun peningkatannya relatif kecil dibandingkan dengan payload pada main site, hasil tersebut menunjukkan bahwa implementasi antena prose sectoral mampu mendistribusikan trafik pengguna secara lebih optimal tanpa memberikan dampak negatif terhadap performansi site-site lain yang berada dalam satu cluster. Trafik yang sebelumnya terkonsentrasi pada Site Kota Wisata dapat dialihkan secara lebih seimbang sehingga utilisasi sumber daya jaringan menjadi lebih efisien.

Selain itu, peningkatan payload cluster mengindikasikan bahwa proses load balancing tidak hanya meningkatkan kapasitas layanan pada site implementasi, tetapi juga mempertahankan stabilitas performansi jaringan pada tingkat cluster. Dengan demikian, implementasi antena prose sectoral terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi pemanfaatan kapasitas jaringan LTE sekaligus menjaga kualitas layanan secara menyeluruh di area cluster.

3.4 Hasil dan Pembahasan RSRP Coverage

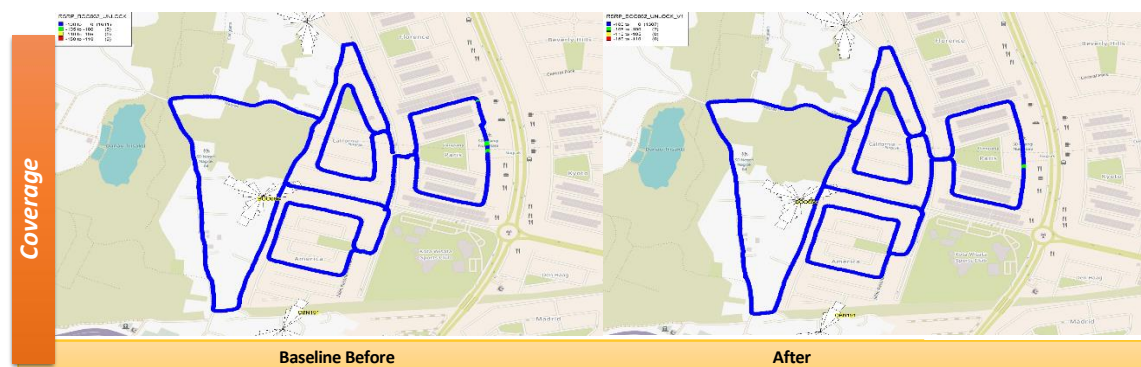
Tabel 2 menyajikan hasil pengukuran Reference Signal Received Power (RSRP) sebelum dan sesudah implementasi antena prose sectoral pada Site Kota Wisata. Parameter RSRP digunakan untuk mengevaluasi kualitas daya sinyal LTE yang diterima oleh perangkat pengguna berdasarkan distribusi jumlah sampel dan persentase pada setiap kategori level sinyal.

Tabel 2. Hasil pengukuran RSRP Coverage

RSRP	Before			After		
	Sample	Sample %	Cumulative (%)	Sample	Sample %	Cumulative (%)
>-100 dBm	1631	99.09%	99.09%	1642	99.85%	99.85%
-100 dBm to -105 dBm	15	0.91%	100%	2	0.15%	100%
-105dBm to -110 dBm	0	0.00%	100%	0	0.00%	100%
	0	0.00%	100%	0	0.00%	100%
Total Sample	1646	100%	-	1646	100%	-

Reference Signal Received Power (RSRP) merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas daya sinyal LTE yang diterima oleh pengguna. Berdasarkan hasil pengukuran setelah implementasi antena prose sectoral, diperoleh peningkatan coverage RSRP sebesar 2,11%, yang menunjukkan adanya perbaikan kualitas cakupan sinyal pada area layanan. Hasil pengukuran juga menunjukkan bahwa kategori RSRP > -100 dBm meningkat dari 1.631 sampel (99,09%) menjadi 1.642 sampel (99,85%), sedangkan kategori RSRP -100 dBm hingga -105 dBm menurun dari 15 sampel (0,91%) menjadi 2 sampel (0,15%). Selain itu, tidak ditemukan sampel pada kategori RSRP -105 dBm hingga -110 dBm maupun RSRP < -110 dBm, baik sebelum maupun sesudah implementasi.

Peningkatan coverage RSRP tersebut menunjukkan bahwa implementasi antena prose sectoral berhasil meningkatkan kualitas penerimaan sinyal LTE sehingga area dengan level sinyal baik menjadi lebih luas. Hasil ini membuktikan bahwa optimasi melalui antena prose sectoral efektif dalam meningkatkan kualitas coverage jaringan LTE sekaligus mendukung peningkatan kualitas layanan yang diterima oleh pengguna. Sehingga pada Gambar 6 menunjukkan perbandingan hasil coverage drive test pada Site Kota Wisata sebelum (*baseline before*) dan sesudah (*after*) implementasi antena prose sectoral. Pengujian dilakukan pada rute yang sama untuk mengevaluasi perubahan kualitas cakupan jaringan LTE sebagai dampak dari proses optimasi menggunakan antena prose sectoral.



Gambar 6. RSRP Coverage

Berdasarkan Gambar 6, hasil drive test coverage menunjukkan adanya peningkatan kualitas cakupan jaringan LTE setelah implementasi antena prose sectoral. Pengujian dilakukan pada lintasan yang sama sehingga hasil sebelum dan sesudah implementasi dapat dibandingkan secara objektif. Setelah proses optimasi, cakupan sinyal menjadi lebih merata pada area pengukuran, yang menunjukkan bahwa antena prose sectoral mampu meningkatkan kualitas penerimaan sinyal di sepanjang rute pengujian. Perbaikan coverage ini sejalan dengan hasil analisis Reference Signal Received Power (RSRP) yang menunjukkan peningkatan kualitas sinyal setelah implementasi. Distribusi sinyal yang lebih baik memungkinkan pengguna memperoleh koneksi yang lebih stabil, mengurangi area dengan kualitas sinyal rendah, serta meningkatkan pengalaman layanan data pada jaringan LTE.

Secara keseluruhan, hasil drive test membuktikan bahwa implementasi antena prose sectoral efektif dalam mengoptimalkan coverage jaringan melalui mekanisme load balancing, sehingga kualitas layanan dan performansi jaringan LTE pada Site Kota Wisata menjadi lebih baik dibandingkan kondisi sebelum optimasi.

3.5 Hasil dan Pembahasan Trafik LTE Sebelum dan Sesudah Implementasi

Berdasarkan hasil monitoring trafik harian, sebelum implementasi antenna pro terlihat bahwa trafik LTE pada beberapa jam busy hour mengalami ketidakseimbangan distribusi trafik. Tabel 2 menyajikan hasil evaluasi Key Performance Indicator (KPI) Reference Signal Received Power (RSRP) pada jaringan LTE frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz sebelum dan sesudah implementasi antenna prose sectoral. Evaluasi dilakukan berdasarkan kategori Good ($RSRP \geq -105$ dBm) dan Bad ($RSRP < -105$ dBm) untuk mengetahui perubahan kualitas cakupan sinyal serta tingkat keberhasilan optimasi jaringan.

Tabel 3. KPI RSRP sebelum dan sesudah implementasi

Technology	Metode	KPI	Range	Before Optim (%)	After Optim (%)	Criteria Before vs After Optim	Status Before vs After Optim
4G (1800)	Idle	RSRP	Good (≥ -105 dBm)	98.72%	99.68%	Improve	Pass
			Bad (< -105 dBm)	1.28%	0.32%	Improve	Pass
4G (2100)	Idle	RSRP	Good (≥ -105 dBm)	98.79%	99.65%	Improve	Pass
			Bad (< -105 dBm)	1.21%	0.35%	Improve	Pass

Reference Signal Received Power (RSRP) merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas daya sinyal LTE yang diterima oleh perangkat pengguna. Berdasarkan hasil evaluasi pada Tabel 3, implementasi antenna prose sectoral memberikan peningkatan kualitas cakupan sinyal pada kedua band frekuensi LTE, yaitu 1800 MHz dan 2100 MHz. Pada jaringan LTE 1800 MHz, persentase area dengan kategori Good ($RSRP \geq -105$ dBm) meningkat dari 98,72% menjadi 99,68%, sedangkan kategori Bad ($RSRP < -105$ dBm) menurun dari 1,28% menjadi 0,32%. Sementara itu, pada jaringan LTE 2100 MHz, kategori Good meningkat dari 98,79% menjadi 99,65%, sedangkan kategori Bad menurun dari 1,21% menjadi 0,35%. Seluruh parameter menunjukkan status Improve dan memenuhi target KPI (Pass), yang mengindikasikan bahwa implementasi antenna prose sectoral berhasil meningkatkan kualitas coverage jaringan LTE. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa distribusi daya sinyal menjadi lebih merata sehingga area dengan kualitas sinyal baik semakin luas, sedangkan area dengan kualitas sinyal rendah semakin berkurang. Hasil ini membuktikan bahwa implementasi antenna prose sectoral efektif dalam mendukung proses load balancing serta meningkatkan kualitas layanan jaringan LTE pada Site Kota Wisata.

3.6 Hasil dan Pembahasan Quality & Throughput Sebelum dan Sesudah Implementasi

Berdasarkan hasil analisis KPI jaringan LTE, implementasi antenna pro terbukti efektif dalam meningkatkan performansi jaringan melalui mekanisme load balancing trafik.

Tabel 4. KPI Throughput sebelum dan sesudah implementasi

KPI	Pre (11–12 Mei 2026)	Post (18–19 Mei 2026)	Delta	Persentase
Payload Main Site	335.42 GB	726.13 GB	390.71 GB	116.48%
Payload Cluster	6308.82 GB	6431.93 GB	123.11 GB	1.95%

Implementasi antenna pro berhasil meningkatkan performansi jaringan LTE. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan Payload Main Site dari 335,42 GB menjadi 726,13 GB, atau meningkat sebesar 116,48%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa kapasitas layanan data pada site Kotawisata menjadi lebih optimal setelah implementasi.

Selain itu, Payload Cluster juga meningkat dari 6308,82 GB menjadi 6431,93 GB, atau sebesar 1,95%. Hasil ini menunjukkan bahwa implementasi antenna pro tidak hanya meningkatkan kapasitas trafik pada site utama, tetapi juga mampu menjaga kestabilan trafik jaringan pada area cluster secara keseluruhan. Dengan demikian, antenna pro efektif sebagai solusi load balancing untuk meningkatkan throughput dan performansi jaringan LTE.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai optimasi load balancing trafik jaringan LTE melalui implementasi antenna pro sectoral pada frekuensi 1800 MHz dan 2100 MHz di site Kota Wisata, dapat disimpulkan bahwa implementasi antenna pro sectoral efektif dalam meningkatkan performansi jaringan LTE. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa Payload Main Site meningkat dari 335,42 GB menjadi 726,13 GB atau sebesar 116,48%, yang mengindikasikan peningkatan kapasitas layanan data dan distribusi trafik yang lebih optimal setelah implementasi. Selain itu, Payload Cluster meningkat dari 6308,82 GB menjadi 6431,93 GB atau sebesar 1,95%, yang menunjukkan bahwa pros load balancing mampu meningkatkan pemanfaatan kapasitas jaringan tanpa memberikan dampak negatif terhadap site di sekitar area cluster. Dari sisi kualitas jaringan, implementasi antenna pro sectoral juga berhasil meningkatkan coverage RSRP, ditunjukkan oleh peningkatan sampel dengan nilai $RSRP > -100$ dBm dari 99,09% menjadi 99,85% serta penurunan area dengan kualitas sinyal yang lebih rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa antenna pro sectoral tidak hanya berfungsi untuk pemerataan trafik, tetapi juga mampu meningkatkan kualitas cakupan sinyal LTE. Sehingga secara keseluruhan, implementasi antenna pro sectoral pada jaringan LTE terbukti efektif sebagai metode load balancing trafik yang mampu meningkatkan kapasitas layanan data, memperbaiki kualitas coverage, mengurangi potensi congestion, dan mendukung peningkatan kualitas layanan bagi pengguna jaringan LTE.

REFERENCES

- [1] L. Huang and C. Duan, "Analysis and Optimization of the High Uplink PRB Utilization Rate Problem in LTE Networks," *Journal of Computer Technology and Electronic Research*, 2025, doi: doi.org/10.70767/jcter.v2i3.558.
- [2] M. Miranti, L. Sari, M. Doris, S. Alam, and I. Surjati, "User Capacity Optimization Using The Mobility Load Balancing Algorithm For Downlink Data Long Term Evolution," *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, vol. 12, no. 1, pp. 103–112, Apr. 2025, doi: 10.33019/jurnalecotipe.v12i1.4532.
- [3] P. K. Patra and S. K. Maharana, "AMAGNN: A High-Performance Multi-Agent GNN Framework for Scalable Congestion Control in VANETs," *Preprints.org (www.preprints.org)*, Aug. 2025, doi: 10.20944/preprints202508.0169.v1.
- [4] C. Rajendran, Z. A. Balassem, K. S. N. Prasad, S. Hayath, V. Suma, and D. Biswas, "Dynamic Load Balancing in Dense Urban Mobile Networks," *Journal of Internet Services and Information Security*, vol. 15, no. 2, pp. 447–458, 2025, doi: 10.58346/JISIS.2025.12.032.
- [5] Johnson I. Agbinya, Mari Carmen Aguayo-Torres, Ryszard Klempous, and Jan Nikodem, *4G Wireless Communication Networks: Design, Planning and Applications*, 1st ed. New York: River Publishers, 2022. doi: doi.org/10.1201/9781003357247.
- [6] M. Escheikh, H. Jouini, and K. Barkaoui, "Modeling, implementation and performance analysis of mobility load balancing for lte downlink data transmission," *International Journal of Computer Networks and Communications*, vol. 8, no. 5, pp. 53–66, 2016, doi: 10.5121/ijcnc.2016.8505.
- [7] Khoiru Sabila, Siti Rahayu, and Titin Sumarni, "Peningkatan Efisiensi Penggunaan Sumber Daya Jaringan Melalui Teknik Load Balancing," *CEMERLANG: Jurnal Manajemen dan Ekonomi Bisnis*, vol. 4, no. 3, pp. 31–41, Jun. 2024, doi: 10.55606/cemerlang.v4i3.2989.
- [8] A. Yuhane, S. Yusnita, and D. Gusvita, "The Effect of Overshoot on the Performance of the 4G LTE Network in the East Sawahan Region," *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, vol. 4, no. 1, pp. 121–128, May 2024, doi: 10.47709/brilliance.v4i1.3318.
- [9] D. Haro-Mendoza, L. Tello-Oquendo, V. Pla, J. Martinez-Bauset, L. A. Marrone, and S.-C. Lin, "Modeling the resource allocation in 5G radio access networks with network slicing," in *2022 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*, Dec. 2022. doi: 10.1109/CSCI58124.2022.00197.
- [10] Z. K. Zakaria, "Long Term Evolution Network Planning Using The Backhaul Microwave Link in The Village Wangunharja Lembang District," *[CEPAT] Journal of Computer Engineering: Progress, Application and Technology*, vol. 2, no. 01, p. 36, Feb. 2023, doi: 10.25124/cepat.v2i01.5810.
- [11] F. Zhao and M. K. A. Kaabar, "Research on Strategy Optimization of 5G NSA Based on Mobile Learning," in *ACM International Conference Proceeding Series*, Association for Computing Machinery, Dec. 2021, pp. 1–5. doi: 10.1145/3511716.3511717.
- [12] Huawei Industrial, "Green Sky White Paper - Green Innovations of Antennas," *HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD*, pp. 1–13, 2019. Accessed: Jun. 07, 2026. [Online]. Available: <https://carrier.huawei.com/~media/cnbgv2/download/products/antenna/green-sky-white-paper-green-innovations-of-antennas-en-2024.pdf>
- [13] Sutoyo Sutoyo, Teddy P Purnamirza Purnamirza, Mulyono Mulyono, and Ahmad Faisal, "Optimization of 4G LTE Network with Automatic Cell Planning and Carrier Aggregation Methods," *Jurnal Ecotipe (Electronic Control Telecommunication Information and Power Engineering)*, vol. 11, pp. 1–9, Apr. 2024, doi: 10.33019/jurnalecotipe.v10i1.4143.
- [14] M. Arawan, M. Amin Bakri, A. H. Paronda, T. Elektro, U. Islam, and " Bekasi, "Optimasi Coverage Seluler Menggunakan Remote Electric Tilting Antena Sektoral E-Node B," *JREC (Journal of Electrical and Electronics) ISSN*, vol. 10, no. 1, pp. 41–45, May 2022, doi: 10.33558/jrec.v10i1.4444.
- [15] Huawei Industrial, "Generalized Antenna Efficiency White Paper," *HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD*, pp. 1–23, 2019. Accessed: Jun. 07, 2026. [Online]. Available: <https://carrier.huawei.com/~media/cnbgv2/download/products/antenna/generalized-antenna-efficiency-white-paper-2024.pdf>
- [16] C. D. Rahmadila, "Optimasi Kualitas Jaringan 4g Lte Menggunakan Metode Physical Tuning," *Telekontran : Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan*, vol. 12, no. 2, Apr. 2025, doi: 10.34010/telekontran.v12i2.12310.
- [17] M. F. Aliansyah, U. K. Usman, and D. S. P. Setiawan, "Analisis Pengukuran Layanan LTE di Jalan Daan Mogot dari Kota Tangerang sampai Kota Jakarta Barat dan Perbaikannya," *AVITEC*, vol. 5, no. 1, p. 13, Dec. 2022, doi: 10.28989/avitec.v5i1.1395.