

5G Planning dan Analisis Untuk Pusat Kota Kalianda Lampung

1st Naufal Mirza Maulana
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
naufalmirzam@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Akhmad Hambali
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
ahambali@telkomuniversity.ac.id

3rd Uke Kurniawan Usman
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
ukeusman@telkomuniversity.ac.id

II. DASAR TEORI

Abstrak—Pertumbuhan ekonomi digital menuntut adanya kebijakan yang mendukung perluasan akses internet. Pembangunan infrastruktur telekomunikasi yang memadai, seperti yang menghubungkan Anyar dan Kalianda, harus menjadi prioritas pemerintah untuk mewujudkan pemerataan digital. Perencanaan ini bertujuan untuk mengimplementasikan jaringan 5G di kota Kalianda. Implementasi jaringan ini dimulai dari Sentral Telepon Otomat (STO) Kalianda menuju *Base Transceiver Station* (BTS), dengan menggunakan simulasi perencanaan jaringan untuk menentukan kelayakan dan performansi jaringan 5G, simulasi jaringan yang digunakan untuk menentukan kualitas *Synchronization Signal Reference Signal Received Power* (SS-RSRP), *Synchronization Signal-to-Noise and Interference Ratio* (SS-SINR), dan *Data Rate*. Berdasarkan Perencanaan jaringan Kalianda Lampung didapatkan nilai *key Performance Indicator* (KPI) yang sesuai dengan standar kelayakan.

Kata Kunci—5G New Radio, KPI, Coverage Planning, Capacity Planning

I. PENDAHULUAN

Perkembangan pesat teknologi informasi menuntut ketersediaan infrastruktur digital yang memadai [1]. Akses internet yang cepat dan stabil menjadi prasyarat utama dalam mendorong pertumbuhan ekonomi dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat [2]. Provinsi Lampung, dengan potensi ekonominya yang besar, masih menghadapi kendala dalam hal pemerataan akses internet. Salah satu wilayah yang perlu menjadi perhatian khusus adalah jalur yang menghubungkan Anyar, Banten hingga Kalianda, Lampung.

Penyediaan akses internet Kalianda menghadapi beberapa kendala signifikan, terutama kurangnya akses internet yang memadai. Sebagai solusi potensial, pemanfaatan jaringan 5G dapat menjadi alternatif yang menjanjikan untuk meningkatkan potensi ekonomi di wilayah yang sulit dijangkau tersebut.

Dibandingkan dengan teknologi generasi sebelumnya, 5G menawarkan kecepatan yang jauh lebih tinggi [3], latensi yang lebih rendah, dan kapasitas yang lebih besar. Hal ini memungkinkan penggunaan aplikasi yang lebih kompleks dan menuntut, seperti *augmented reality* (AR), *virtual reality* (VR), dan *Internet of Things* (IoT). Dengan demikian, 5G akan membuka peluang baru untuk menciptakan produk dan layanan yang inovatif.

A. Jaringan 5G

5G merupakan standar teknologi *mobile broadband* generasi ke-5, sebagai evolusi signifikan dari jaringan 4G LTE yang dikeluarkan oleh *3rd Generation Partnership Project* (3GPP). Teknologi 5G diharapkan secara fundamental mampu mengubah peran teknologi telekomunikasi yang ada di masyarakat serta meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan melayani kebutuhan digitalisasi masyarakat bahkan seluruh dunia yang terhubung ke jaringan kapan pun diperlukan dan antar perangkat melalui IoT [4].

B. Coverage Planning

Perhitungan *coverage planning* menghitung area dimana sinyal dapat diterima oleh UE atau *receiver*. Hal ini menunjukkan maksimum area yang dapat di cakup oleh eNodeB. Perencanaan *Coverage planning* termasuk pengukuran radio frekuensi, *link budget* dan perhitungan model propagasi yang digunakan [5].

1. Link Budget:

Perhitungan link budget bertujuan untuk memperkirakan maksimum nilai dari Allowable Path Loss (MAPL) atau pelemahan sinyal yang diterima antara antena seluler dan antena stasiun seluler pada sisi downlink dan uplink [6].

2. Propagation Model Urban Macro(Uma):

Untuk skema LOS 3D-UMa, *pathloss* adalah diperoleh dengan persamaan:

$$P_{L1} = 20\log(d_{3d}) + 28 + 20\log(fc) \quad (1)$$

$$P_{L2} = 20\log(d_{3d}) + 28 + 20\log(fc) - 9\log[(d'_{BP})^2 + (h_{bs} - h_{ut})^2], \quad (2)$$

Untuk skema NLOS 3D-UMa, *pathloss* adalah diperoleh dengan :

$$P_L = 39,081\log(d_{3d}) + 13,54 + 20\log(fc) - 6(h_{ut} - 1,5), \quad (3)$$

PL mewakili nilai pathloss dalam dBm, untuk ketinggian stasiun pangkalan dan penerima masing-masing dalam meter hBS dan hUT. Sementara d2D adalah sel radius sel dalam meter, d3D adalah hasil dari jarak antara hBS dan hUT dalam meter, dan d'BP adalah dan hUT dalam meter, dan d'BP adalah jarak break point dalam meter.

3. Cell Radius Calculation:

Perhitungan radius sel menggunakan skema non-line of sight karena objek penelitian merupakan daerah *urban*. Hasil dari perhitungan *pathloss* (PL) berdasarkan model propagasi *urban macro* (Uma) yang telah diperoleh untuk d3D akan digunakan untuk menentukan radius sel (d2D). Radius sel dapat dihitung menggunakan rumus :

$$d_{2d} = \sqrt{((d_{3d})^2 - (h_{bs} - h_{ut})^2)}, \quad (4)$$

dengan ketinggian *base transceiver station* (BTS) dan penerima dalam meter hBS dan hUT. Sementara d2D adalah radius sel dalam meter, d3D adalah hasil dari jarak antara hBS dan hUT dalam meter.

4. Cell Area Calculation:

Cell area yang akan dicari menggunakan *tri-sectoral antenna* karena sesuai dengan kondisi yang ada pada kota Kalianda. *Cell Area* dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$C_A = 1,95 \times 2,6 \times d^2, \quad (5)$$

dengan C_A sebagai *coverage area* dalam Km^2 dan d adalah radius sel dalam Km.

5. Calculation Number of Sites:

Perhitungan banyaknya jumlah *site* bertujuan untuk menentukan berapa banyak *site* yang digunakan pada kota Kalianda. Jumlah *site* dapat dihitung dengan :

$$S_i = \frac{L}{C_A} \quad (6)$$

dengan S_i sebagai banyaknya *site*, C_A adalah area cakupan dalam Km^2 , dan L adalah fokus area Km^2 .

C. Capacity Planning

Perhitungan *capacity planning* digunakan untuk mengestimasi banyaknya user dalam satu sel yang dapat tercakup. Pada perhitungan kapasitas ini mempertimbangkan kebutuhan layanan tiap user pada suatu daerah, kebutuhan layanan tiap user akan selalu berbeda di setiap daerah [7].

1. Forecasting Number of Users:

Forecasting number of user adalah metode yang digunakan dalam memprediksi jumlah pengguna di suatu daerah untuk beberapa tahun ke depan dalam suatu perencanaan jaringan. Peramalan jumlah pengguna dapat dihitung dengan persamaan.

$$U_n = U_0(1 + G_F)^n, \quad (7)$$

dengan U_n adalah prediksi jumlah pengguna pada tahun ke- n U_0 merupakan populasi saat ini, dan G_F adalah *growth factor* yang diambil dari perhitungan populasi kota Kalianda dengan n sebagai jumlah tahun estimasi. Setelah U_n diketahui, selanjutnya mencari populasi usia produktif U_p menggunakan

$$U_p = U_n \times p, \quad (8)$$

dengan P adalah persentase usia produktif. Berikutnya mencari jumlah pengguna 5G.

2. Single User Throughput:

Single user throughput adalah parameter yang mengukur laju data efektif yang dapat dicapai oleh satu pengguna dalam suatu sistem komunikasi jaringan. Secara spesifik, *throughput* ini merepresentasikan jumlah bit yang berhasil ditransmisikan dan diterima tanpa *error* oleh satu pengguna dalam satuan waktu tertentu, biasanya diukur dalam Mbps (megabit per detik) atau Gbps (gigabit per detik). *Single user throughput* dapat ditemukan dari rumus sebagai berikut

$$U_T = \frac{T_s \times B_{HSA} \times P_R \times (1 + PAR)}{3600}, \quad (9)$$

dengan U_T merupakan *single user throughput*, B_{HSA} adalah *busy hour service attempt*, P_R adalah *penetration rate*, dan P_{AR} adalah *peak to average ratio*.

3. Network Throughput:

Network throughput adalah ukuran kecepatan transfer data yang berhasil melewati suatu jaringan dalam periode waktu tertentu. *Network throughput* dapat ditemukan dari rumus sebagai berikut

$$N_{IP} = P_u \times U_T, \quad (10)$$

N_{IP} adalah throughput jaringan pada lapisan IP, P_u adalah *5G Provider User*, dan U_T adalah *single user throughput*. Setelah mendapatkan *throughput* jaringan di lapisan IP, hasilnya harus dikonversi ke *throughput* lapisan MAC dengan membagnya dengan 0,98.

$$N_{MAC} = \frac{N_{IP}}{0,98}, \quad (11)$$

4. Cell Average Throughput:

Cell average throughput adalah metrik yang mengukur rata-rata laju data yang diterima oleh pengguna dalam satu sel jaringan nirkabel, seperti dalam jaringan 4G atau 5G. Ini dihitung dengan menjumlahkan total volume data yang ditransmisikan kepada semua pengguna dalam satu sel selama interval waktu tertentu, kemudian membaginya dengan total durasi waktu aktif yang dihabiskan oleh pengguna tersebut dalam sel. Cell average throughput dapat ditemukan dari rumus sebagai berikut

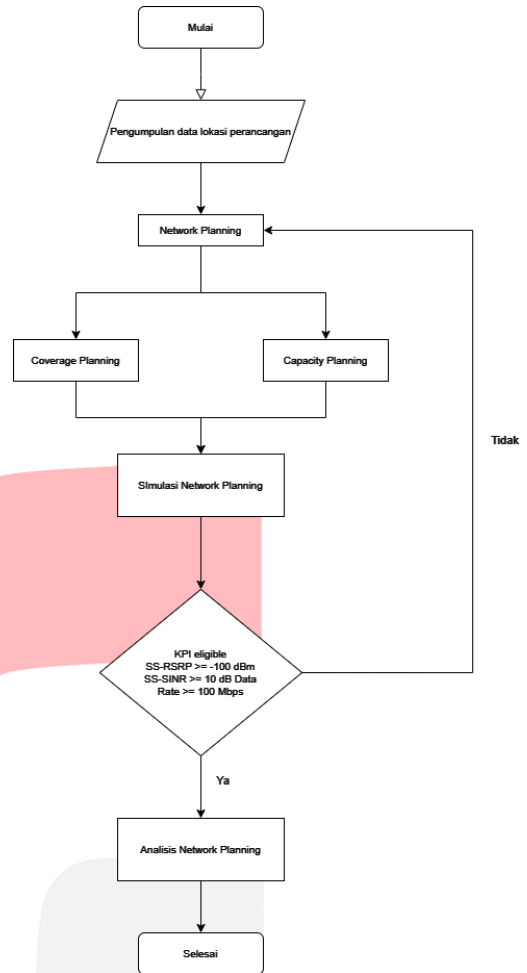
$$D_c = (168 - 36 - 12) \times (c_b) \times (c_r) \times r_b \times c \times 1000 - C_{RC}, (12)$$

DC adalah throughput rata-rata sel untuk downlink, UC adalah throughput rata-rata sel untuk uplink, CRC adalah cyclic redundancy check yang bernilai 24, cb adalah kode yang dimodulasi, cr adalah laju pengkodean kanal, rb adalah jumlah resource blocks, dan c adalah jumlah antena MIMO pada transceiver.

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Diagram Sistem

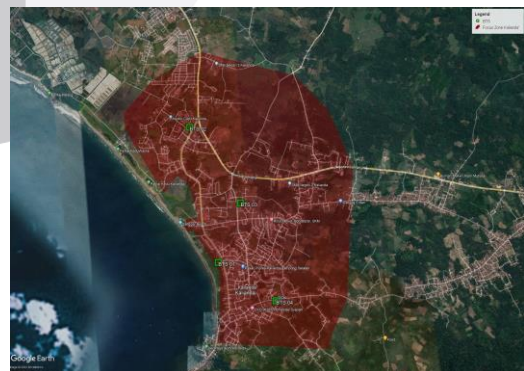
Tahap awal dalam perencanaan ini adalah penentuan dan pengumpulan data yang ada di wilayah di mana perencanaan jaringan 5G akan dilakukan, yaitu di wilayah pusat Kota Kalianda. Perencanaan ini berfokus pada perencanaan coverage planning dan capacity planning. Coverage planning meliputi perhitungan path loss dan (link budget) yang bertujuan untuk menentukan pelemahan sinyal yang terjadi antara UE (User Equipment) dan gNodeB, sehingga dari perhitungan tersebut dapat ditentukan jarak maksimum antara gNodeB, area situs, dan nilai Maximum Allowable Path Loss atau (MAPL). Dari area coverage satu site, akan dilakukan perbandingan antara luas pusat Kota Kalianda dengan area coverage tersebut, kemudian akan diperoleh hasil berupa jumlah site yang diperlukan. Langkah selanjutnya adalah merencanakan jaringan 5G berdasarkan perhitungan capacity planning. Untuk capacity planning, data yang dibutuhkan berupa jumlah penduduk saat ini dan perkiraan jumlah penduduk dalam lima tahun ke depan, kemudian dihitung untuk menemukan jumlah minimum site yang diperlukan berdasarkan populasi. Tahap akhir dari penelitian ilmiah ini adalah mensimulasikan perencanaan data dan hasil perhitungan yang telah diperoleh.



Gambar 1. Flowchart Perencanaan 5G

B. Deskripsi Area

Perencanaan ini memfokuskan pusat area kota Kalianda dengan luas 9,6 Km² dengan total populasi penduduk sebanyak 94.784 jiwa pada tahun 2021. Dalam area pusat kota Kalianda terdapat kawasan wisata, pusat pendidikan, pusat perbelanjaan, fasilitas umum, pusat pemerintahan, dan perkantoran yang dikunjungi oleh wisatawan lokal dan asing yang terus meningkat setiap tahun.



Gambar 2. Map Network Planning

C. Coverage Planning

Pada tahap ini, perencanaan jaringan dilakukan dengan mengidentifikasi area yang akan dicakup dalam suatu wilayah. Proses ini melibatkan perhitungan MAPL (Maximum Allowable Path Loss) yang diperlukan untuk menentukan radius sel, diikuti dengan perhitungan untuk menentukan jumlah situs yang dibutuhkan. Tabel 1 menyajikan hasil perhitungan luas cakupan sel dan jumlah *site*.

TABEL I.
Coverage Total Site Calculation

Total Site Calculation (Downlink)		
Parameter	Value	Calculation
Area (Km ²)	9,46	L
Coverage per site (3-sectoral) (Km ²)	2,47 Km ²	$C = 1,95 \times 2,6 \times d^2$
Total Site (3-Sectoral)	4	$S_i = L/C$

D. Capacity Planning

Pada tahap ini, fokus perencanaan jaringan adalah memenuhi kebutuhan lalu lintas pengguna dengan menghitung kualitas dan kapasitas jaringan untuk menentukan jumlah situs gNB yang dibutuhkan berdasarkan kapasitas pengguna. Tabel 2 menampilkan hasil perhitungan jumlah situs yang didasarkan pada *capacity planning*.

TABEL II.
Capacity Total Site Calculation

Total Site Calculation (Downlink)		
Parameter	Downlink	Downlink
Area (Km ²)	9,46	L
Target User	11.307	P_u
Network TP (MAC)(Mbps)	430,02	N_{MAC}
Cell Avg TP (Mbps)	45.489.576	C_c
Site Capacity (Mbps)	136.468.728	$S_c = C_c \times 3$
Total Site	3	$S_i = N_{MAC}/S_c$
5G NR Users per site	3769	$U = P_u/S_i$
Coverage per Site (Km ²)	3,15	$C_s = L/S_i$
Coverage per Cell (Km ²)	1,05	$C_{pc} = C_s/3$
Cell Radius (Km)	0,455	$d = \sqrt[3]{\frac{C_{pc}}{1,95 \times 2,6}}$

IV. HASIL DAN ANALISIS PERANCANGAN

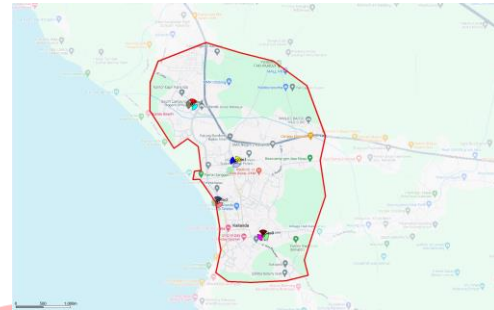
A. Hasil dan Analisis perhitungan site

Total site yang didapatkan dari hasil perhitungan *coverage planning* dan *capacity planning*. Pada *coverage planning* didapatkan total *site* yaitu 4 *site*, sedangkan untuk *capacity planning* didapatkan total yaitu 3 *site*. Total *site* yang diambil adalah 4 *site* dikarenakan sesuai dengan perencanaan ini yang dimana pada kondisi eksisting di Kalianda menggunakan 4 *site* untuk perencanaan 5G.

B. Hasil Perencanaan 5G

Setelah memperoleh jumlah *site* yang dibutuhkan, yaitu 4 *site*, simulasi perencanaan kemudian dilakukan di pusat Kota Kalinda menggunakan *software* simulasi yang diperlukan. Model antenna tri-sektoral dikonfigurasi, di mana masing-masing

dapat memancarkan sinyal lebih jauh dibandingkan dengan model antenna omni-directional. Selain itu, ditentukan ketinggian antenna sebesar 25 meter serta daya pancar maksimum sebesar 43 dBm pada setiap antenna. Posisi perencanaan setiap antenna dapat dilihat pada Gambar 4 berikut:



GAMBAR 3.
Hasil Perencanaan 5G

C. Hasil Simulasi

TABEL III.
Hasil Simulasi

Parameter	Key Performance Indicator KPI	Value	Category	Percentage of Users Who Comply
SS-RSRP (dBm)	> -100	-72,95	Good	100%
SS-SINR (dB)	>10	13,07	Good	60%
Throughput (Mbps)	>100	125	Good	97%

Tabel 3 menggambarkan rekapitulasi hasil dari perencanaan 5G yang telah dilakukan. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa nilai SS-RSRP rata-rata adalah 81,22 dBm, yang memenuhi standar KPI yang lebih dari -100 dBm dengan kategori yang baik. Selain itu, dari 50.596 pengguna yang ditargetkan, 99,30% memiliki nilai SS-RSRP yang lebih dari -100 dBm. Dengan demikian, dari 50.241 pengguna yang ditargetkan, 50.241 memenuhi standar KPI. Nilai SS-RSRP yang baik ini disebabkan oleh asumsi bahwa nilai daya yang dipancarkan pada antenna transmisi di stasiun dasar adalah 49 dBm, yang memberikan jumlah daya yang cukup besar untuk setiap pengguna. Hasilnya menunjukkan bahwa parameter SS-RSRP yang dihasilkan oleh rencana ini layak, nilai rata-rata 13.03 dB untuk parameter SS-SINR diperoleh. Nilai ini telah melebihi set standar KPI yang lebih dari 10 dB, yang merupakan kategori yang baik. Dari total target pengguna 50.596, 29.852 memiliki nilai SS-SINR lebih dari 10 dB, dan 20.744 masih kurang dari 10 dB. Ini menunjukkan bahwa 59,00% pengguna dalam kategori miskin memiliki nilai SS-SINR lebih dari 10 dB. Ini mungkin akibat dari gangguan yang persisten yang disebabkan oleh lokasi situs yang sangat dekat satu sama lain dan daya transmisi yang tinggi. Hasilnya, parameter SS-SINR yang dibuat oleh rencana ini layak.

Untuk parameter output, nilai rata-rata 125.53 Mbps telah melebihi tingkat data pengguna yang diantisipasi lebih dari 100 Mbps, dan persentase pengguna 97,90% memiliki nilai throughput lebih dari 100 Mbps. Akibatnya, dari total 50.596 pengguna yang ditargetkan, 49.533 memiliki nilai throughput yang memenuhi standar. Penggunaan bandwidth yang tinggi pada bandwidth 50 Mhz dapat menjadi penyebabnya. Hasilnya, dapat disimpulkan bahwa parameter yang dihasilkan dari

perencanaan ini layak, sehingga perencanaan jaringan 5G NR di 7 sub-distrik di pusat Bandung juga layak.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut. Dari perhitungan perencanaan cakupan di wilayah perkotaan dengan luas area $9,6 \text{ Km}^2$, jumlah site yang diperlukan adalah 4 site. Proses simulasi perencanaan jaringan 5G menggunakan jumlah site terbesar antara *coverage planning* dan *capacity planning* serta melihat hasil perhitungan mana yang menyerupai kondisi eksisting yang diinginkan. Hasil simulasi yang diperoleh dalam perencanaan jaringan 5G NR menunjukkan nilai rata-rata untuk parameter SS-RSRP sebesar $-72,95 \text{ dBm}$. Nilai ini telah memenuhi standar KPI yang ditetapkan yaitu lebih dari -100 dBm dengan kategori baik. Dari segi persentase pengguna, 100% pengguna memperoleh nilai SS-RSRP lebih dari -100 dBm . Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa parameter SS-RSRP yang dihasilkan dalam rencana ini layak.

Hasil simulasi yang diperoleh dalam perencanaan jaringan 5G NR menunjukkan nilai rata-rata untuk parameter SS-SINR sebesar $13,07 \text{ dB}$. Nilai ini telah melampaui standar KPI yang ditetapkan yaitu lebih dari 10 dB dengan kategori baik. Dari segi persentase pengguna, ditemukan bahwa 60% pengguna memiliki nilai SS-SINR lebih dari 10 dB dan sisanya 40% berada dalam kategori buruk dengan nilai kurang dari 10 dB . Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa parameter SS-SINR yang dihasilkan dalam rencana ini layak.

Hasil simulasi yang diperoleh dalam perencanaan jaringan 5G NR menunjukkan nilai rata-rata untuk parameter throughput sebesar 125 Mbps dan telah melampaui harapan user experienced data rate yaitu lebih dari 100 Mbps . Dari segi persentase pengguna, 97% pengguna telah memperoleh nilai throughput lebih dari 100 Mbps . Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa parameter throughput yang dihasilkan dalam perencanaan ini layak sehingga perencanaan jaringan 5G di pusat Kota Kalianda, Lampung juga dapat dikatakan layak.

REFERENSI

- [1] S. Dewi, "Keamanan jaringan menggunakan vpn (virtual private network) dengan metode pptp (point to point tunneling protocol) pada kantor desa kertaraharja ciamis," *EVOLUSI: Jurnal Sains dan Manajemen*, vol. 8, no. 1, 2020.
- [2] A. Premana, G. Fitralisma, A. Yulianto, M. B. Zaman, and M. Wiryo, "Pemanfaatan teknologi informasi pada pertumbuhan ekonomi dalam era disrupsi 4.0," *Journal of Economic and Management (JECMA)*, vol. 2, no. 2, pp. 1–6, 2020.
- [3] N. H. Hari, F. P. E. Putra, U. Hasanah, S. R. Sutarsih *et al.*, "Transformasi jaringan telekomunikasi dengan teknologi 5g: Tantangan, potensi, dan implikasi," *Jurnal Informasi dan Teknologi*, pp. 146–150, 2023.
- [4] A. Wulandari, T. Supriyanto, and L. Damayanti, "Perancangan skenario non stand alone (nsa) jaringan 5g untuk menunjang revolusi industri 4.0," in *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)*, vol. 7, no. 1, 2021, pp. 123–130.
- [5] D. Chandra, S. Yusnita, S. Aulia, and N. Ardila, "Perencanaan jaringan 4g lte dengan teknologi fdd pada frekuensi 1800 mhz berbasis cost-231 hatta propagation model di kota padang."
- [6] R. N. Esa, A. Hikmaturokhman, and A. R. Danisya, "5g nr planning at frequency 3.5 ghz : Study case in indonesia industrial area," in *2020 2nd International Conference on Industrial Electrical and Electronics (ICIEE)*. IEEE, 2020, pp. 187–193.
- [7] D. Stiawan *et al.*, "Optimalisasi jaringan seluler 3g site low utilization area Palembang pt. telkomsel," *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, Magang dan Kerja Praktek*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2022.