

Perencanaan Jaringan Heterogen 4G LTE Berdasarkan Coverage Area pada Frekuensi Inter-Band di Kota Palembang

Bengawan Alfaresi*, Feby Ardianto, M Arif Kurniawan

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Palembang, Palembang

*Koresponden email: bengawan_alfarezi@um-palembang.ac.id

Diterima: 22 Januari 2025

Disetujui:

Abstract

The city of Palembang has a territorial character consisting of urban, suburban and rural areas. The population in Palembang City continues to grow and spread to all corners of Palembang City. Therefore, the planning of a 4G LTE network requires a complex plan based on the area characteristics and also paying attention to frequency efficiency. This research aims to design a heterogeneous 4G LTE network in the city of Palembang, focusing on the use of inter-band frequency spectrum to increase the network coverage area. The research methodology includes area mapping and analysis of eNodeB requirements in each sub-district. The propagation model used in 4G LTE network planning is the Cost-Hatta model. In this research, we implemented the use of a frequency of 900 MHz for the macro site, a frequency of 1800 MHz for the micro site, a frequency of 2100 MHz for the nano site and a frequency of 2300 MHz for the pico site. The research results show that at the lowest frequency, i.e. using a frequency of 900 MHz, the number of eNodeBs required is 18 eNodeBs on the uplink side and 60 eNodeBs on the downlink side. At the highest frequency of 2300 MHz, the number of eNodeBs required on the uplink side is 24 eNodeBs and on the downlink side is 329 eNodeBs.

Keywords: 4G LTE, heterogeneous network, inter-band, frequency, coverage

Abstrak

Kota Palembang memiliki karakteristik area yang terdiri dari wilayah urban, sub-urban dan rural area. Populasi di kota Palembang terus bertambah dan menyebar ke seluruh pelosok yang ada di Kota Palembang. Oleh karena itu, dalam perencanaan jaringan 4G LTE diperlukan suatu perencanaan yang kompleks berdasarkan karakteristik area dan juga memperhatikan efisiensi frekuensi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang jaringan heterogen 4G LTE di Kota Palembang dengan fokus pada pemanfaatan spektrum frekuensi inter-band untuk meningkatkan cakupan area jaringan. Metode penelitian mencakup pemetaan wilayah dan analisis kebutuhan *eNodeB* pada tiap kecamatan. Model propagasi yang digunakan dalam perencanaan jaringan 4G LTE adalah model Cost-Hatta. Pada penelitian ini mengimplementasikan penggunaan frekuensi 900 MHz untuk Macro Site, frekuensi 1800 MHz untuk Micro Site, frekuensi 2100 MHz untuk Nano Site, dan frekuensi 2300 MHz untuk Pico Site. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada frekuensi terendah yaitu penggunaan frekuensi 900 MHz, jumlah *eNodeB* yang dibutuhkan pada sisi uplink yaitu 18 *eNodeB* dan pada sisi downlink yaitu 60 *eNodeB*. Pada frekuensi tertinggi 2300 MHz, jumlah *eNodeB* yang dibutuhkan pada sisi uplink yaitu 24 *eNodeB* dan pada sisi downlink yaitu 329 *eNodeB*.

Kata Kunci: 4G LTE, jaringan heterogen, inter-band, frekuensi, cakupan layanan

1. Pendahuluan

Perkembangan telekomunikasi terus berkembang dengan cepat seiring dengan kebutuhan manusia akan internet [1][2]. Dengan pertambahan jumlah pelanggan, diperlukan adanya perencanaan Teknologi untuk tetap menjaga kualitas dari sistem telekomunikasi [3][4][5]. Salah satu Teknologi telekomunikasi yang dapat melayani Internet yaitu Teknologi 4G LTE (*Long Term Evolution*) [6][7]. Pada perkembangannya Teknologi 4G LTE telah menjadi tulang punggung Internet dunia khususnya untuk wilayah di Indonesia baik di wilayah urban maupun *rural area* [8][6]. Palembang merupakan salah satu kota metropolitan yang terletak di pulau Sumatera. Sebagai salah satu kota terbesar di pulau Sumatera, populasi di kota Palembang terus bertambah dan menyebar ke seluruh pelosok yang ada di Kota Palembang. Efek redaman gedung dan luasan suatu area menyebabkan tidak optimalnya dalam perataan *coverage* suatu jaringan [9][10]. Oleh karena itu, dalam penyediaan jaringan 4G LTE perlu memastikan *coverage* wilayah suatu jaringan secara keseluruhan yang dapat dinikmati oleh seluruh warga di setiap pelosok di Kota Palembang.

Tantangan yang dihadapi dalam pengembangan jaringan 4G LTE di Kota Palembang terdapat beberapa faktor yaitu faktor kepadatan penduduk, kondisi geografis dan penggunaan spektrum frekuensi yang berbeda [11][3]. Dalam konteks Kota Palembang, penggunaan frekuensi inter-band menjadi salah satu solusi yang dapat diandalkan untuk meningkatkan cakupan area dan kapasitas jaringan [12]. Teknologi heterogen, yang mengintegrasikan berbagai jenis elemen jaringan seperti makro, mikro, nano dan pico cell, dapat memaksimalkan efisiensi jaringan sekaligus mengatasi hambatan cakupan di area tertentu [13][14]. Oleh karena itu, perancangan jaringan heterogen berbasis 4G LTE dengan mempertimbangkan cakupan area pada frekuensi inter-band menjadi topik yang relevan untuk diteliti [15].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang jaringan heterogen 4G LTE di Kota Palembang dengan memanfaatkan spektrum inter-band, guna meningkatkan cakupan dan kualitas layanan. Melalui analisis kebutuhan jaringan serta karakteristik geografis Kota Palembang, diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dalam pengembangan infrastruktur telekomunikasi yang lebih efisien. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan solusi teknis untuk mengatasi tantangan dalam mendistribusikan layanan telekomunikasi di wilayah perkotaan yang memiliki karakteristik beragam.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menghitung jumlah *eNode* yang dapat meng-cover untuk semua area Kota Palembang dengan memperhitungkan jangkauan *coverage* layanan. Model propagasi yang digunakan yaitu dengan menggunakan model COST-Hatta untuk Perencanaan *coverage* yang menjamin seluruh luasan wilayah pada suatu area dapat ter-layani dengan baik tanpa area blank spot. Tahapan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

Pemetaan Wilayah Berdasarkan Tipe Area

Kota Palembang terdiri dari 19 kecamatan dengan total wilayah sekitar 400.61 km². Luas tiap kecamatan dan kategori wilayahnya adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Demografi Kecamatan di Kota Palembang

Kecamatan	Kode Kecamatan	Luas Wilayah (km ²)	Area
Iilir Barat Dua	IB-2	6.22	Sub-Urban
Gandus	GNDS	68.78	Rural
Seberang Ulu 1	SU-1	8.28	Urban
Kertapati	KRPT	42.56	Rural
Jakabaring	JKBR	9.16	Sub-Urban
Seberang Ulu 2	SU-2	10.69	Sub-Urban
Plaju	PLJ	15.17	Rural
Iilir Barat Satu	IB-1	19.77	Sub-Urban
Bukitkecil	BK	9.92	Rural
Iilir Timur Satu	IT-1	6.5	Urban
Kemuning	KMN	9	Sub-Urban
Iilir Timur Dua	IT-2	10.82	Sub-Urban
Kalidoni	KLDN	27.92	Rural
Iilir Timur Tiga	IT-3	14.76	Rural
Sako	SAK	18.04	Rural
Sematangborang	SMTB	36.98	Rural
Sukarami	SKRM	51.46	Rural
Alang Lebar	AAL	34.58	Rural
Kota Palembang	Kota Palembang	400.61	Rural

Sumber: BPS Palembang (2024)

Perhitungan nilai Maximum Allowable Path Loss (MAPL)

Nilai MAPL merupakan nilai maksimum path loss (redaman) antara transmitter dan receiver yang dapat diterima dengan tetap mempertahankan komunikasi dengan baik. Rumus dari MAPL adalah sebagai berikut:

$$MAPL = EIRP - RXSensitivity + Gain(RX) - Loss(RX) - FadingMargin$$

Perhitungan jarak (d) maksimum tiap $eNodeB$ pada tiap tipe area

Perhitungan jarak ini dihitung berdasarkan perhitungan model propagasi COST-Hatta. Rumus COST Hatta sebagai berikut:

$$PathLoss (MAPL) = 46.33 + 33.9 \log(frek) - 13.82 \log(h_{bts}) - a(hre) + (44.9 - 6.55 \log(h_{bts}) \log(d) + C$$

Untuk Urban Area

$$a(hre) = 3.2(\log(11.75x(h_{user})^2) - 4.97$$

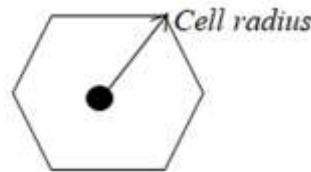
Untuk Sub-Urban / Rural Area

$$a(hre) = (1.1 \log(frek) - 0.7) x h_{user} - (1.56 \log(frek) - 0.8)$$

Pada perhitungan ini, nilai yang dihitung yaitu nilai d yang merepresentasikan jarak jangkauan maksimum suatu $eNodeB$ pada suatu area dengan tetap mempertahankan kualitas komunikasi yang baik.

Perhitungan jumlah $eNodeB$ tiap kecamatan

Perhitungan $eNodeB$ dengan cara menghitung jumlah luasan cakupan area tiap cell, di mana pada 1 $eNodeB$ terdapat 3 cell.



Gambar 1. Luas Area Cell Cover

Luas cakupan area suatu cell pada $eNodeB$ adalah sebagai berikut

$$Luas cakupan cell = 2.6xd^2$$

Setelah diketahui nilai cakupan suatu cell maka untuk menentukan jumlah cell yang diperlukan dengan membagi luas area (tiap kecamatan) dengan luas cakupan suatu cell. Untuk penentuan jumlah $eNodeB$ yang diperlukan yaitu dengan dibagi 3 dari jumlah cell yang diperlukan.

3. Hasil dan Pembahasan

Perhitungan Jumlah $eNodeB$ pada sisi Downlink dan Uplink

Perencanaan jaringan 4G LTE terdiri dari beberapa layer *coverage*. Layer *coverage* terdiri dari 4 bagian yaitu *Macro-900*, *micro-1800*, *Nano-2100* dan *Pico-2300*. Metode yang dipakai dalam perhitungan *coverage* yaitu dengan model Cost-Hatta. Perhitungan dilakukan pada 2 sisi bagian yaitu *Downlink* dan *Uplink*. Hasil dari perencanaan jaringan pada tahapan *Downlink* maupun *Uplink* adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Perhitungan $eNodeB$ pada Jaringan Mikro sisi *Downlink* pada Frekuensi 900 MHz

Kode Kecamatan	MAPL	a(hre)	$\log_{10}(d)$ (distance)	d (distance)	Cell Size	Jumlah Cell	Jumlah Site
IB-2	152	-10.9	0.38	2.4	15.03	1	1
GNDS	152	0.02	0.79	6.12	97.23	1	1
SU-1	152	-10.9	0.38	2.4	15.03	1	1
KRPT	152	0.02	0.79	6.12	97.23	1	1
JKBR	152	-10.9	0.38	2.4	15.03	1	1
SU-2	152	-10.9	0.38	2.4	15.03	1	1
PLJ	152	0.02	0.79	6.12	97.23	1	1
IB-1	152	0.02	0.79	6.12	97.23	1	1
BK	152	0.02	0.79	6.12	97.23	1	1

Kode Kecamatan	MAPL	a(hre)	$\log_{10}(d)$ (distance)	d (distance)	Cell Size	Jumlah Cell	Jumlah Site
IT-1	152	-10.9	0.38	2.4	15.03	1	1
KMN	152	-10.9	0.38	2.4	15.03	1	1
IT-2	152	0.02	0.79	6.12	97.23	1	1
KLDN	152	0.02	0.79	6.12	97.23	1	1
IT-3	152	0.02	0.79	6.12	97.23	1	1
SAK	152	0.02	0.79	6.12	97.23	1	1
SMTB	152	0.02	0.79	6.12	97.23	1	1
SKRM	152	0.02	0.79	6.12	97.23	1	1
AAL	152	0.02	0.79	6.12	97.23	1	1

Sumber: Data diolah

Pada **Tabel 2** menjelaskan bahwa pada perencanaan jaringan LTE dengan menggunakan COST-Hatta pada sisi *Downlink*, nilai jarak maksimum yang didapatkan pada daerah rural dan sub-urban yaitu mencapai 6,12 km, sedangkan jarak maksimum pada daerah urban area yaitu 2,4 km. Dari jarak tersebut didapatkan ukuran site dengan menggunakan 3 sektor didapatkan luasan 97.23 km² untuk area Rural dan Sub-Urban dan mempunyai ukuran luas site sebesar 15,03 km² untuk area Urban. Dari luasan tiap site di dapatkan bahwa dari 18 kecamatan, jumlah site yang di butuhkan adalah 1 site/kecamatan. Hal ini diakibatkan oleh penggunaan frekuensi yang lebih rendah sehingga tiap site dapat memancarkan penetrasi sinyal yang lebih jauh, sehingga luasan site yang diperoleh didapatkan lebih besar.

Tabel 3. Perhitungan *eNodeB* pada Jaringan Mikro sisi *Uplink* pada Frekuensi 900 MHz

Kode Kecamatan	MAPL	a(hre)	$\log_{10}(d)$ (distance)	d (distance)	Cell Size	Jumlah Cell	Jumlah Site
IB-2	129	-10.93	-0.29	0.52	0.69	9	3
GNDS	129	0.02	0.12	1.31	4.48	16	6
SU-1	129	-10.93	-0.29	0.52	0.69	12	4
KRPT	129	0.02	0.12	1.31	4.48	10	4
JKBR	129	-10.93	-0.29	0.52	0.69	14	5
SU-2	129	-10.93	-0.29	0.52	0.69	16	6
PLJ	129	0.02	0.12	1.31	4.48	4	2
IB-1	129	0.02	0.12	1.31	4.48	5	2
BK	129	0.02	0.12	1.31	4.48	3	1
IT-1	129	-10.93	-0.29	0.52	0.69	10	4
KMN	129	-10.93	-0.29	0.52	0.69	14	5
IT-2	129	0.02	0.12	1.31	4.48	3	1
KLDN	129	0.02	0.12	1.31	4.48	7	3
IT-3	129	0.02	0.12	1.31	4.48	4	2
SAK	129	0.02	0.12	1.31	4.48	5	2
SMTB	129	0.02	0.12	1.31	4.48	9	3
SKRM	129	0.02	0.12	1.31	4.48	12	4
AAL	129	0.02	0.12	1.31	4.48	8	3

Sumber: Data diolah

Pada **Tabel 3** menjelaskan bahwa pada perencanaan jaringan LTE dengan menggunakan COST-Hatta pada sisi *Uplink*, nilai jarak maksimum yang didapatkan pada daerah rural dan sub-urban yaitu mencapai 1,31 km, sedangkan jarak maksimum pada daerah urban area yaitu 0,52 km. Dari jarak tersebut didapatkan ukuran site dengan menggunakan 3 sektor didapatkan luasan 4,48 km² untuk area Rural dan Sub-Urban dan mempunyai ukuran luas site sebesar 0,69 km² untuk area Urban. Dari 18 kecamatan di Kota Palembang didapatkan bahwa kecamatan yang membutuhkan jumlah site yang paling banyak yaitu kecamatan Seberang Ulu-2 yaitu 6 Site yang merupakan area urban. Kecamatan Gandus yang merupakan kategori wilayah rural/sub-urban membutuhkan jumlah site yang paling banyak yaitu 6 site.

Hasil Perhitungan Jumlah *eNodeB* pada sisi tiap layer Band Coverage

Pada data berikut mencakup empat jenis teknologi seluler berdasarkan kapasitas dan jarak jangkauan, yaitu Macro, Micro, Nano, dan Pico. Angka-angka di **Tabel 4** ini merepresentasikan jumlah cell dan site pada frekuensi tertentu (900, 1800, 2100, dan 2300 MHz) yang terdistribusi di berbagai kecamatan.

Tabel 4. Perbandingan Jumlah Cell dan Site pada tiap Layer Band Coverage

Kode Kecamatan	Jumlah Cell				Jumlah eNodeB			
	Macro-900	Micro-1800	Nano-2100	Pico-2300	Macro-900	Micro-1800	Nano-2100	Pico-2300
IB-2	1	2	3	3	1	1	1	1
GNDS	1	3	4	5	1	1	2	2
SU-1	1	3	3	4	1	1	1	2
KRPT	1	2	3	3	1	1	1	1
JKBR	1	3	4	4	1	1	2	2
SU-2	1	3	4	5	1	1	2	2
PLJ	1	1	1	1	1	1	1	1
IB-1	1	1	2	2	1	1	1	1
BK	1	1	1	1	1	1	1	1
IT-1	1	2	3	3	1	1	1	1
KMN	1	3	4	4	1	1	2	2
IT-2	1	1	1	1	1	1	1	1
KLDN	1	2	2	2	1	1	1	1
IT-3	1	1	1	1	1	1	1	1
SAK	1	1	1	2	1	1	1	1
SMTB	1	2	3	3	1	1	1	1
SKRM	1	3	3	4	1	1	1	2
AAL	1	2	2	3	1	1	1	1

Sumber: Data diolah

Tabel 4 menjelaskan mengenai perbandingan jumlah cell dan site pada tiap layer band coverage dalam kategori Jumlah Cell dan Jumlah eNodeB. Pada layer macro, terlihat hanya satu site di setiap kecamatan, yang menunjukkan bahwa layer ini memiliki cakupan yang luas namun kapasitas rendah, cocok untuk area yang tidak terlalu padat penduduk. Pada layer-layer yang lebih kecil seperti micro, nano, dan pico, jumlah site bertambah di kecamatan yang lebih padat, seperti Gandus dan Sebrang Ulu Satu. Hal ini mencerminkan pola peningkatan densitas site seiring dengan kebutuhan kapasitas jaringan yang lebih tinggi di wilayah perkotaan. Pico layer, yang memiliki kapasitas tertinggi namun jangkauan sangat terbatas, umumnya hanya memiliki satu site per kecamatan

Tabel 5. Perbandingan Jumlah Cell dan Site pada tiap Layer Band Coverage

Kode Kecamatan	Jumlah Cell				Jumlah eNodeB			
	Macro-900	Micro-1800	Nano-2100	Pico-2300	Macro-900	Micro-1800	Nano-2100	Pico-2300
IB-2	9	36	48	58	3	12	16	20
GNDS	16	61	82	98	6	21	28	33
SU-1	12	47	64	77	4	16	22	26
KRPT	10	38	51	61	4	13	17	21
JKBR	14	52	71	85	5	18	24	29
SU-2	16	61	83	99	6	21	28	33
PLJ	4	14	18	22	2	5	6	8
IB-1	5	18	24	28	2	6	8	10
BK	3	9	12	15	1	3	4	5
IT-1	10	37	50	60	4	13	17	20
KMNG	14	51	70	83	5	17	24	28
IT-2	3	10	13	16	1	4	5	6
KLDN	7	25	33	40	3	9	11	14
IT-3	4	13	18	21	2	5	6	7
SAK	5	16	22	26	2	6	8	9
SMTB	9	33	44	53	3	11	15	18
SKRM	12	45	61	73	4	15	21	25
AAL	8	31	41	49	3	11	14	17

Sumber: Data diolah

Tabel 5 memperluas data dari tabel sebelumnya dengan memberikan detail lebih rinci mengenai jumlah cell dan eNodeB pada tiap layer band coverage, namun jumlah site meningkat signifikan dibandingkan **Tabel 4**. **Tabel 5** ini menunjukkan bahwa jumlah cell pada layer macro 900 MHz sangat

dominan di setiap kecamatan, seperti di Kecamatan Gandus (9 cell) dan Sebrang Ulu Satu (10 cell). Angka ini menunjukkan pentingnya layer macro untuk menyediakan koneksi dasar di seluruh wilayah. Di sisi lain, distribusi cell di layer-layer lainnya, seperti micro dan nano, lebih bervariasi, dengan jumlah yang lebih tinggi pada wilayah-wilayah padat seperti Ilir Barat Dua dan Ilir Timur Satu. Jumlah *eNodeB* juga menunjukkan peningkatan pada layer-layer tersebut, dengan kecenderungan jumlah yang lebih banyak pada frekuensi lebih tinggi (2100 MHz dan 2300 MHz), mencerminkan kebutuhan kapasitas yang lebih tinggi di area urban

4. Kesimpulan

Perancangan Jaringan Heterogen 4G LTE di Kota Palembang dipetakan menjadi 3 karakteristik wilayah yaitu Urban, Sub-Urban dan Rural. Perancangan di susun dengan menggunakan pendekatan berdasarkan cakupan wilayah (*Coverage*). Pada penelitian ini mengimplementasikan penggunaan frekuensi 900 MHz untuk Macro Site, frekuensi 1800 MHz untuk Micro Site, frekuensi 2100 MHz untuk Nano Site, dan frekuensi 2300 MHz untuk Pico Site. Pada frekuensi terendah yaitu penggunaan frekuensi 900 MHz, jumlah *eNodeB* yang dibutuhkan pada sisi uplink yaitu 18 *eNodeB* dan pada sisi downlink yaitu 60 *eNodeB*. Pada frekuensi tertinggi 2300 MHz, jumlah *eNodeB* yang dibutuhkan pada sisi uplink yaitu 24 *eNodeB* dan pada sisi downlink yaitu 329 *eNodeB*. Perencanaan Jaringan secara heterogen untuk meningkatkan efisiensi cakupan dan kapasitas jaringan. Frekuensi yang lebih rendah memungkinkan cakupan yang lebih luas di area rural dan sub-urban, sementara frekuensi tinggi digunakan untuk memperkuat kapasitas di area urban yang memiliki lalu lintas data tinggi.

5. Referensi

- [1] H. Yuliana, F. M. Santoso, S. Basuki, and M. R. Hidayat, "Analisis Model Propagasi 3GPP TR38 . 900 Untuk Perencanaan Jaringan 5G New Radio (NR) Pada Frekuensi 2300 MHz di Area Urban," *Telekontran*, vol. 10, no. 2, pp. 90–97, 2022, doi: 10.34010/telekontran.v10i2.8233.
- [2] A. W. Alfian, B. Alfaresi, and F. Ardianto, "Perencanaan Jaringan 4G LTE 1800 MHz In-building pada Fakultas Kedokteran UM-Palembang menggunakan Propagasi COST-231," *FOKUS ELEKTRODA*, vol. 06, no. 03, pp. 140–144, 2021.
- [3] M. Niama Dwi Susila, Linawati, and N. Gunantara, "Perencanaan *Coverage* Jaringan 5g Berdasarkan Propagasi Rugi *Coverage* Planning On The 5G Network Based On Path Loss," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 2, pp. 283–292, 2021, doi: 10.25126/jtiik.202184485.
- [4] F. Utami, H. U. Mustakim, and A. Faradila, "Analisis Tekno-Ekonomi Pada Perencanaan Jaringan 5G New Radio Frekuensi 2300 MHz di Kota Surabaya," *J. Comput. Electron. Telecommunication*, vol. 5, no. 1, pp. 1–13, 2024, doi: 10.52435/complete.v5i1.505.
- [5] T. Oktavianto, T. Prakoso, and A. Riyadi, "Analisis Jaringan 5G 2300 Mhz Dengan Menggunakan Menara 4G LTE Yang Tersedia Di Kota Semarang," *J. Ilm. Tek. ELEKTRO*, vol. 26, no. 1, pp. 1–9, 2024, doi: 10.14710/transmisi.26.1.1-9.
- [6] A. Budi and F. Sabri, "Perencanaan Jaringan Seluler Gsm 1800 Mhz Pada Tahun 2025 Menggunakan Software Atoll Untuk Daerah Sukasari Kota Bandung," *J. Ind. Qual. Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 11–24, 2025, doi: 10.34010/iqe.v8i1.2766.
- [7] Mappareppa, Andi Fadil, Uke Kurniawan Usman, and Nachwan Mufti Adriansyah. "Analisis Perencanaan Pengembangan Ekspansi Jaringan Lte Pada Frekuensi High Band (1800mhz Dan 2100mhz) Dan Low Band (900mhz)." *eProceedings of Engineering* 8.2 (2021)
- [8] Detantra, Avenuto, Uke Kurniawan Usman, and M. Irfan Maulana. "Perencanaan Jaringan 4g Lte 700 Mhz dan 900 Mhz Menggunakan Microwave Backhaul Di Kecamatan Sumba Tengah Daerah 3t." *eProceedings of Engineering* 9.6 (2023).
- [9] S. S. Oh, "Comparison of 0.75–24-GHz Reach Distances and Ratios Using Propagation Path Loss Measurements from Urban and Rural Line-of-Sight Environments," *J. Electromagn. Eng. Sci.*, vol. 21, no. 1, pp. 1–7, 2021, doi: 10.26866/jees.2021.21.1.1.
- [10] C. Liang, "Received Signal Strength-Based Robust Cooperative Localization with Dynamic Path Loss Model," *IEEE Sens. J.*, vol. 16, no. 5, pp. 1265–1270, 2016, doi: 10.1109/JSEN.2015.2500270.
- [11] F. Anugerah and H. Putri, "Metode Cell Splitting pada Perencanaan Microcell untuk Meningkatkan Performansi Jaringan LTE," *J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 8, no. 2, pp. 262–275, 2020, doi: http://dx.doi.org/10.26760/elkomika.v8i2.262.
- [12] A. Mubarok and H. Putri, "Analisis Dampak Inter-Band Carrier Aggregation pada Perencanaan Jaringan LTE-Advanced," *ELKOMIKA (Jurnal Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 7, no. 2, pp. 363–376, 2019.

-
- [13] Y. Ariyanto, H. Putri, and A. Novianti, "Perencanaan LTE-A untuk Heterogeneous Network dengan Metode CADSS4 di Grand Asia Afrika," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron. ISSN(p)*, vol. 9, no. 3, pp. 663–677, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.26760/elkomika.v9i3.663> |.
- [14] H. Supriadi and H. Putri, "Range expansion method on heterogeneous network to increase picocell coverage," *TELKOMNIKA Telecommun. Comput. Electron. Control*, vol. 18, no. 5, pp. 2341–2351, 2020, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v18i5.14640.
- [15] M. Sarosa and K. Widjayanti, "Pemodelan Site pada Heterogen Network 5G Menggunakan Optimized Network Engineering Tools," *J. Edukasi dan Penelit. Inform.*, vol. 7, no. 3, pp. 497–503, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.26418/jp.v7i3.50578>.