

BAB 4

ANALISIS RENCANA PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR TELEKOMUNIKASI DALAM MENUNJANG PENATAAN RUANG DI KABUPATEN SLEMAN

4.1 Analisis Kebutuhan Menara Telekomunikasi Kabupaten Sleman

Analisis kebutuhan menara telekomunikasi di Kabupaten Sleman dilakukan dengan menggunakan dua metode. Metode yang digunakan adalah *coverage planning* yang mempertimbangkan terhadap jangkauan menara telekomunikasi dan *capacity planning* yang lebih mempertimbangkan terhadap kapasitas dari yang dapat dilayani oleh menara telekomunikasi.

4.1.1 Coverage Planning

Coverage planning merupakan metode perencanaan pada menara telekomunikasi dengan mempertimbangkan terhadap jangkauan dari menara telekomunikasi yang direncanakan untuk dapat melayani terhadap keseluruhan wilayah perencanaan (Pradana & Setiaji, 2016). Penggunaan metode ini dilakukan dengan menghitung perkiraan jangkauan dari menara telekomunikasi dengan menggunakan model propagasi yang didalamnya mempertimbangkan spesifikasi dari alat yang digunakan serta parameter-parameter lainnya.

4.1.1.1 Radio Link Budget

Radio link budget adalah perhitungan menyeluruh terhadap semua faktor yang mempengaruhi kekuatan sinyal dalam sistem transmisi, baik pada jalur *uplink* maupun *downlink* (Nugroho dkk., 2018). *Link budget* menghitung *gain* dan *loss* yang terjadi sepanjang jalur transmisi sinyal dari pemancar ke penerima. Proses perhitungan pada perencanaan *eNodeB* pada *coverage planning* dilakukan dengan mempertimbangkan terhadap spesifikasi alat yang digunakan. *Link budget* digunakan untuk mengidentifikasi kehilangan jalur maksimum yang diperbolehkan (MAPL) antara pemancar dan penerima untuk *uplink* dan *downlink*, dengan demikian jari-jari sel dapat dihitung untuk berbagai karakteristik wilayah berdasarkan model propagasi (Elnashar, 2018). Spesifikasi *link budget* dari perhitungan ini mengikuti nilai dari Elsnashar (2018). Berikut merupakan perhitungan dari arah *uplink* dan *downlink* dengan mempertimbangkan semua parameter dan karakteristik wilayah baik urban, sub urban, maupun rural.

Tabel 4. 1 Skenario Link Budget Uplink dan Downlink

Link Budget	Satuan	Formula	Karakteristik Wilayah					
			Urban		Sub Urban		Rural	
			Uplink	Downlink	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
General								
eNodeB Height	m	-	20	20	40	40	50	50
UE Height	m	-	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Bandwidth	MHz	-	20	20	20	20	20	20
Tx								
Max Total Tx Power	dBm	A	23	46	23	46	23	46
Allocated Resource Block	-	B	3	19	3	19	3	19
Resource Block to Distribute Power	-	C	3	100	3	100	3	100
Subcarriers to Distribute Power	dBm	D = 12*C	36	1.200	36	1.200	36	1.200
Subcarrier Power	dBm	E = A-10log10(D)	7,44	15,21	7,44	15,21	7,44	15,21
Tx Antenna Gain	dB <i>i</i>	F	0	17,00	0	17,00	0	17,00
Tx Cable Loss	dB	G	0	0,5	0	0,5	0	0,5
Tx Body Loss	dB	H	0	0	0	0	0	0
EIRP per Subcarrier	dBm	I = E+F+G-H	7,44	32,71	7,44	32,71	7,44	32,71
Rx								
SINR	dB	J	-4.19	-5,37	-2,33	-4,94	-2,20	-4,43
Rx Noise Figure	dB	K	2,30	7,00	2,30	7,00	2,30	7,00
Thermal Noise	dBm	L = 10log10(1.000 x 1,38^-23 x 290 x15.000)	-132,22	-132,22	-132,22	-132,22	-132,22	-132,22
Receiver Sensitivity	dBm	M = J+K+L	-134,11	-130,59	-132,25	-130,16	-132,12	-129,65
Rx Antenna Gain	dB <i>i</i>	N	17,00	0	17,00	0	17,00	0
Rx Cable Loss	dB	O	0,5	0	0,5	0	0,5	0
Rx Body Loss	dB	P	0	0	0	0	0	0
Interference Margin	dB	Q	0,89	2,72	1,46	3,13	2,71	3,74
Min Signal Reception Strength	dBm	R = M-N+O+P+Q	-149,72	-127,87	-147,29	-127,03	-145,91	-125,91

Link Budget	Satuan	Formula	Karakteristik Wilayah					
			Urban		Sub Urban		Rural	
			Uplink	Downlink	Uplink	Downlink	Uplink	Downlink
Path Loss								
Penetration Loss	dB	S	15,00	15,00	11,00	11,00	8,00	8,00
Standard Deviation of Shadow Fading	dB	-	9,40	9,40	7,20	7,20	6,20	6,20
Shadow Fading Margin	dB	T	8,04	8,04	5,99	5,99	1,87	1,87
Maximum Allowable Path Loss	dB	U = I-R-S-T	134,11	137,53	137,73	142,74	143,47	148,74

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Hasil dari perhitungan pada setiap wilayah baik urban, sub surban, maupun rural menghasilkan angka yang beragam. Pada daerah urban, sisi *uplink* menghasilkan MAPL 134,11 dB, sementara *downlink* sebesar 137,53 dB. Pada wilayah sub urban, nilai pada *uplink* sebesar 137,73 dB, sedangkan pada sisi *downlink* 142,74 dB. Kemudian pada daerah dengan karakteristik rural, nilai *path loss* pada *uplink* adalah sebesar 143,47 dB, sementara pada sisi *downlink* adalah 148,74 dB. Perhitungan ini nantinya digunakan untuk menghitung jari-jari sel untuk kemudian menghitung jangkauan dari menara sesuai dengan karakteristik wilayahnya. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan sisi *downlink* pada masing-masing wilayah dikarenakan nilai yang lebih besar dapat mewakili dari masing-masing wilayah baik urban, sub urban, maupun rural.

4.1.1.2 Perhitungan Jari-Jari Sel

Perencanaan jaringan telekomunikasi dengan metode *coverage planning* ini menggunakan model propagasi COST 231 Hata dikarenakan pada perencanaannya menggunakan frekuensi 1.800 MHz. Propagasi merupakan model matematis yang digunakan untuk memperkirakan perambatan atau propagasi dari gelombang radio oleh pemancar kepada penerima dengan mempertimbangkan terhadap berbagai model faktor lingkungan yang mempengaruhi sinyal seperti jarak, frekuensi, ketinggian antena, hingga kondisi geografis wilayahnya. Model propagasi COST 231 Hata ini lebih cocok untuk 1.500 MHz – 2.000 MHz dan merupakan pengembangan dari model propagasi yang telah ada sebelumnya yakni Okumura Hata yang lebih cocok pada frekuensi 150 MHz – 1.500 MHz. Perhitungan terhadap model propagasi yang dilakukan juga mempertimbangkan terhadap karakteristik daerah yang ada di Kabupaten Sleman berupa daerah urban, sub urban, dan rural yang telah ditetapkan sebelumnya pada peraturan daerah Peraturan Bupati Sleman Nomor 28 Tahun 2020 tentang Petunjuk Pelaksanaan Rekomendasi Pengendalian Menara Telekomunikasi, dikarenakan akan berhubungan dengan tinggi dari ketentuan maupun tinggi dari menara yang direncanakan.

Perhitungan terhadap jari-jari sel yang akan dilakukan didasarkan juga pada nilai MAPL atau *Maximum Allowable Path Loss* yang telah dihitung sebelumnya sesuai dengan karakteristik daerahnya baik pada urban, sub urban, maupun rural. Nilai dari MAPL mempengaruhi terhadap jari-jari sel yang akan direncanakan. Semakin besar dari nilai MAPL yang ada maka akan semakin besar pula jari-jarinya. Sebaliknya, apabila nilai MAPL semakin kecil maka jari-jari selnya semakin kecil. Berikut merupakan perhitungan faktor koreksi tinggi antena *mobile* pada daerah urban.

$$\alpha(h_r) = 3,2 (\log 11,75hr)^2 - 4,97$$

$$\alpha(h_r) = 3,2 (\log 11,75 \times 1.5)^2 - 4,97$$

$$\alpha(h_r) = 3,2 (\log 17,625)^2 - 4,97$$

$$\alpha(h_r) = 3,2 (1,246)^2 - 4,97$$

$$\alpha(h_r) = 3,2 (1,553) - 4,97$$

$$\alpha(h_r) = 4,969 - 4,97$$

$$\alpha(h_r) = -0,001$$

Hasil dari perhitungan faktor koreksi tinggi antena *mobile* menghasilkan nilai sebesar -0,001. Sedangkan nilai koreksi antena *mobile* pada daerah sub urban dan rural dihitung pada persamaan berikut.

$$\alpha(h_r) = (1,1 \log f - 0,7)hr - (1,56 \log f - 0,8)$$

$$\alpha(h_r) = (1,1 \log f - 0,7)1.5 - (1,56 \log 1800 - 0,8)$$

$$\alpha(h_r) = (1,1 \times 3,255 - 0,7)1.5 - (1,56 \times 3,255 - 0,8)$$

$$\alpha(h_r) = (3,581 - 0,7)1.5 - (5,079 - 0,8)$$

$$\alpha(h_r) = (2,881)1.5 - 4,279$$

$$\alpha(h_r) = 4,322 - 4,279$$

$$\alpha(h_r) = 0,043$$

Perhitungan faktor koreksi antena *mobile* pada daerah sub urban dan rural memberikan angka sebesar 0,0043. Setelah diketahui angka faktor koreksinya, langkah selanjutnya adalah menghitung jari-jari selnya. Berikut merupakan perhitungan jari-jari *cell* dengan model propagasi COST 231 Hata pada daerah urban, sub urban, dan rural.

A. Daerah Urban

$$PL(dB) = 46,3 + 33,9 \log_{10}(f_c) - 13,82 \log_{10}(h_t) - \alpha(h_r) + (44,9 - 6,55 \log_{10}(h_t)) \log_{10}(d) + C_M$$

$$PL - 46,3 - 33,9 \log_{10}(f_c) + 13,82 \log_{10}(h_t) + \alpha(h_r) - C_M = (44,9 - 6,55 \log_{10}(h_t)) \log_{10}(d)$$

$$\log_{10}(d) = \frac{PL - 46,3 - 33,9 \log_{10}(f_c) + 13,82 \log_{10}(h_t) + \alpha(h_r) - C_M}{44,9 - 6,55 \log_{10}(h_t)}$$

$$d = 10^{\left(\frac{PL - 46,3 - 33,9 \log_{10}(f_c) + 13,82 \log_{10}(h_t) + \alpha(h_r) - C_M}{44,9 - 6,55 \log_{10}(h_t)} \right)}$$

$$d = 10^{\left(\frac{137,53 - 46,3 - 33,9 \log_{10}(1800) + 13,82 \log_{10}(20) + (-0,001) - 3}{44,9 - 6,55 \log_{10}(20)} \right)}$$

$$d = 10^{\left(\frac{137,53 - 46,3 - 33,9 \times 3,2553 + 13,82 \times 1,301 + (-0,001) - 3}{44,9 - 6,55 \times 1,301} \right)}$$

$$d = 10^{\left(\frac{137,53 - 46,3 - 110,3547 + 17,9798 + (-0,001) - 3}{44,9 - 8,5116}\right)}$$

$$d = 10^{\left(\frac{-4,1459}{36,3884}\right)}$$

$$d = 10^{-0,1139}$$

$$d = 0,769 \text{ km}$$

B. Daerah Sub Urban

$$PL(dB) = 46,3 + 33,9 \log_{10}(f_c) - 13,82 \log_{10}(h_t) - \alpha(h_r) + (44,9 - 6,55 \log_{10}(h_t)) \log_{10}(d) + C_M$$

$$PL - 46,3 - 33,9 \log_{10}(f_c) + 13,82 \log_{10}(h_t) + \alpha(h_r) - C_M = (44,9 - 6,55 \log_{10}(h_t)) \log_{10}(d)$$

$$\log_{10}(d) = \frac{PL - 46,3 - 33,9 \log_{10}(f_c) + 13,82 \log_{10}(h_t) + \alpha(h_r) - C_M}{44,9 - 6,55 \log_{10}(h_t)}$$

$$d = 10^{\left(\frac{PL - 46,3 - 33,9 \log_{10}(f_c) + 13,82 \log_{10}(h_t) + \alpha(h_r) - C_M}{44,9 - 6,55 \log_{10}(h_t)}\right)}$$

$$d = 10^{\left(\frac{142,74 - 46,3 - 33,9 \log_{10}(1800) + 13,82 \log_{10}(40) + (0,043) - 0}{44,9 - 6,55 \log_{10}(40)}\right)}$$

$$d = 10^{\left(\frac{142,74 - 46,3 - 33,9 \times 3,2553 + 13,82 \times 1,6021 + (0,043) - 0}{44,9 - 6,55 \times 1,6021}\right)}$$

$$d = 10^{\left(\frac{142,74 - 46,3 - 110,3537 + 22,1390 + (0,043) - 0}{44,9 - 10,4937}\right)}$$

$$d = 10^{\left(\frac{8,2683}{34,4063}\right)}$$

$$d = 10^{0,2403}$$

$$d = 1,740 \text{ km}$$

C. Daerah Rural

$$PL(dB) = 46,3 + 33,9 \log_{10}(f_c) - 13,82 \log_{10}(h_t) - \alpha(h_r) + (44,9 - 6,55 \log_{10}(h_t)) \log_{10}(d) + C_M$$

$$PL - 46,3 - 33,9 \log_{10}(f_c) + 13,82 \log_{10}(h_t) + \alpha(h_r) - C_M = (44,9 - 6,55 \log_{10}(h_t)) \log_{10}(d)$$

$$\log_{10}(d) = \frac{PL - 46,3 - 33,9 \log_{10}(f_c) + 13,82 \log_{10}(h_t) + \alpha(h_r) - C_M}{44,9 - 6,55 \log_{10}(h_t)}$$

$$d = 10^{\left(\frac{PL - 46,3 - 33,9 \log_{10}(f_c) + 13,82 \log_{10}(h_t) + \alpha(h_r) - C_M}{44,9 - 6,55 \log_{10}(h_t)}\right)}$$

$$d = 10^{\left(\frac{148,74 - 46,3 - 33,9 \log_{10}(1800) + 13,82 \log_{10}(50) + (0,043) - 0}{44,9 - 6,55 \log_{10}(50)}\right)}$$

$$d = 10^{\left(\frac{142,74 - 46,3 - 33,9 \times 3,2553 + 13,82 \times 1,6990 + (0,043) - 0}{44,9 - 6,55 \times 1,6990}\right)}$$

$$d = 10^{\left(\frac{142,74 - 46,3 - 110,3537 + 23,4812 + (0,043) - 0}{44,9 - 11,1285}\right)}$$

$$d = 10^{\left(\frac{15,6095}{33,7715}\right)}$$

$$d = 10^{0,4621}$$

$$d = 2,900 \text{ km}$$

Perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya telah menghasilkan berbagai jari-jari sel yang ada pada berbagai karakteristik wilayah seperti pada daerah urban, rural, maupun sub urban. Hasil perhitungan terhadap jari-jari sel pada daerah urban menghasilkan nilai sebesar 0,769 km. Pada daerah sub urban menghasilkan panjang jari-jari sel sebesar 1,740 km. Sedangkan pada daerah urban memiliki jari-jari sebesar 2,9 km. Hasil perhitungan dari jari-jari sel ini nantinya akan digunakan untuk melakukan perhitungan dari jangkauan menara yang ada sesuai dengan karakteristik wilayahnya masing-masing.

4.1.1.3 Perhitungan Jangkauan Menara

Jangkauan menara *eNodeB* atau menara telekomunikasi dihitung dengan mengalikan 1,95 dikali dengan 2,6 lalu dikali dengan jari-jari kuadrat. Perhitungan dimodelkan dengan bentuk heksagonal dengan memiliki 3 buah sektor yang melayani dari setiap menara. Perhitungan terhadap jangkauan menara masing-masing wilayah baik urban, sub urban, maupun rural adalah sebagai berikut.

A. Daerah Urban

$$L_{\text{cell}} = 1,95 \times 2,6 \times d^2$$

$$L_{\text{cell}} = 1,95 \times 2,6 \times 0,769^2$$

$$L_{\text{cell}} = 1,95 \times 2,6 \times 0,5913$$

$$L_{\text{cell}} = 3 \text{ km}^2$$

B. Daerah Sub Urban

$$L_{\text{cell}} = 1,95 \times 2,6 \times d^2$$

$$L_{\text{cell}} = 1,95 \times 2,6 \times 1,740^2$$

$$L_{\text{cell}} = 1,95 \times 2,6 \times 3,0276$$

$$L_{\text{cell}} = 15,35 \text{ km}^2$$

C. Daerah Rural

$$L_{\text{cell}} = 1,95 \times 2,6 \times d^2$$

$$L_{\text{cell}} = 1,95 \times 2,6 \times 2,900^2$$

$$L_{\text{cell}} = 1,95 \times 2,6 \times 8,41$$

$$L_{\text{cell}} = 42,64 \text{ km}^2$$

Jangkauan menara dari masing-masing perhitungan berdasarkan hasil dari kalkulasi di atas beragam tergantung dengan karakteristik daerah, tinggi menara, serta spesifikasi yang digunakan. Jangkauan menara yang ada pada daerah urban dapat mencapai 3 km² dengan ketinggian menara setinggi 20 meter. Pada daerah urban, nilai jangkauan yang dihasilkan cukup kecil karena faktor koreksi dari rumus perhitungan Cost 231 Hata pada daerah urban. Sementara pada wilayah sub urban, jangkauan menara yang ada dapat mencapai luas 15,35 km² dengan ketinggian menara setinggi 40 meter. Untuk daerah rural, jangkauan menara dapat mencapai 42,64 km² dengan tinggi menara setinggi 50 meter. Hasil jangkauan pada menara di daerah rural cukup besar karena rumus Cost 231 Hata yang digunakan memiliki nilai koreksi antena dan konstanta cukup kecil sehingga hasil yang dihasilkan pada jangkauan menara yang ada terbilang luas.

4.1.1.4 Perhitungan Kebutuhan Menara

Kebutuhan menara dihitung berdasarkan tahapan yang telah dilakukan sebelumnya. Penentuan didasarkan pada perhitungan perkiraan jangkauan menara telekomunikasi dengan model propagasi Cost 231 Hata. Model ini dipilih karena frekuensi yang digunakan adalah 1.800 MHz. Model ini menjadi pengembangan dari model perhitungan propagasi sebelumnya sehingga dianggap lebih relevan untuk diterapkan. Data yang digunakan pada perhitungan kebutuhan menara berdasarkan *coverage planning* adalah karakteristik wilayah untuk ditentukan luasan yang dapat dijangkau menara, luas wilayah, dan jumlah menara eksisting yang ada pada daerah tersebut. Luas wilayah perencanaan yang dihitung pada perencanaan ini dibatasi pada setiap wilayah desa atau kelurahan yang ada di Kabupaten Sleman. Perhitungan terhadap kebutuhan menara telekomunikasi pada perencanaan menara dengan metode *coverage planning* dilakukan menghitung luasan wilayah perencanaan dibagi dengan luas jangkauan pada tiap menara. Jumlah menara yang dihitung didasarkan pada jumlah menara eksisting sesuai dengan karakteristik wilayahnya apakah sudah dapat menjangkau terhadap wilayah yang ada atau belum berdasarkan perhitungan matematika. Hasil dari perhitungan masing-masing kebutuhan menara dapat dibulatkan ke atas agar dapat mengakomodir seluruhnya. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan terhadap kebutuhan menara telekomunikasi di Kabupaten Sleman serta kekurangan jumlah menara telekomunikasi pada masing-masing desa atau kelurahan.

Tabel 4. 2 Perhitungan Kebutuhan Menara Telekomunikasi Berdasarkan Metode *Coverage Planning* Tahun 2045

No	Desa atau Kelurahan	Kecamatan	Karakteristik	Coverage Menara Sesuai Karakteristik	Luas Wilayah (km ²)	Jumlah Menara Eksisting	Jumlah Kebutuhan Menara Tahun 2045	Kekurangan Menara Tahun 2045
A	B	C	D	E	F	G	H=F:E	I=H-G
1	Ambarketawang	Gamping	Urban	3.00	6.29	11	3	0
2	Argomulyo	Cangkringan	Sub Urban	15.35	7.58	3	1	0
3	Balecatur	Gamping	Urban	3.00	9.86	5	4	0
4	Bangunkerto	Turi	Rural	42.64	7.10	2	1	0
5	Banyuraden	Gamping	Urban	3.00	3.95	13	2	0
6	Banyurejo	Tempel	Rural	42.64	4.86	2	1	0
7	Bimomartani	Ngemplak	Rural	42.64	6.03	3	1	0
8	Bokoharjo	Prambanan	Urban	3.00	5.34	6	2	0
9	Candibinangun	Pakem	Rural	42.64	6.36	0	1	1
10	Caturharjo	Sleman	Urban	3.00	7.43	6	3	0
11	Caturtunggal	Depok	Urban	3.00	10.38	63	4	0
12	Condongcatur	Depok	Urban	3.00	8.57	44	3	0
13	Donoharjo	Ngaglik	Rural	42.64	6.59	2	1	0
14	Donokerto	Turi	Rural	42.64	7.41	5	1	0
15	Gayamharjo	Prambanan	Rural	42.64	6.64	0	1	1
16	Girikerto	Turi	Rural	42.64	13.23	3	1	0
17	Glagaharjo	Cangkringan	Rural	42.64	10.68	1	1	0
18	Hargobinangun	Pakem	Rural	42.64	13.94	8	1	0
19	Harjobinangun	Pakem	Sub Urban	15.35	5.33	4	1	0
20	Jogotirto	Berbah	Rural	42.64	6.06	3	1	0
21	Kalitirto	Berbah	Urban	3.00	6.21	7	3	0
22	Kepuharjo	Cangkringan	Rural	42.64	8.10	3	1	0
23	Lumbungrejo	Tempel	Urban	3.00	3.55	3	2	0

No	Desa atau Kelurahan	Kecamatan	Karakteristik	Coverage Menara Sesuai Karakteristik	Luas Wilayah (km ²)	Jumlah Menara Eksisting	Jumlah Kebutuhan Menara Tahun 2045	Kekurangan Menara Tahun 2045
A	B	C	D	E	F	G	H=F:E	I=H-G
24	Madurejo	Prambanan	Rural	42.64	7.06	3	1	0
25	Maguwoharjo	Depok	Urban	3.00	13.15	30	5	0
26	Margoagung	Seyegan	Rural	42.64	5.17	4	1	0
27	Margodadi	Seyegan	Rural	42.64	6.04	2	1	0
28	Margokaton	Seyegan	Rural	42.64	5.12	1	1	0
29	Margoluwih	Seyegan	Rural	42.64	4.99	5	1	0
30	Margomulyo	Seyegan	Sub Urban	15.35	5.20	3	1	0
31	Margorejo	Tempel	Urban	3.00	5.33	2	2	0
32	Merdikorejo	Tempel	Rural	42.64	6.15	3	1	0
33	Minomartani	Ngaglik	Urban	3.00	1.53	3	1	0
34	Mororejo	Tempel	Rural	42.64	3.35	0	1	1
35	Nogotirto	Gamping	Urban	3.00	3.47	5	2	0
36	Pakembinangun	Pakem	Sub Urban	15.35	4.46	5	1	0
37	Pandowoharjo	Sleman	Urban	3.00	7.25	4	3	0
38	Pondokrejo	Tempel	Rural	42.64	3.29	1	1	0
39	Purwobinangun	Pakem	Rural	42.64	15.90	5	1	0
40	Purwomartani	Kalasan	Urban	3.00	12.03	23	5	0
41	Sambirejo	Prambanan	Rural	42.64	8.53	4	1	0
42	Sardonoharjo	Ngaglik	Sub Urban	15.35	9.35	14	1	0
43	Sariharjo	Ngaglik	Urban	3.00	6.88	15	3	0
44	Selomartani	Kalasan	Rural	42.64	8.94	7	1	0
45	Sendangadi	Mlati	Urban	3.00	5.34	17	2	0
46	Sendangagung	Minggir	Sub Urban	15.35	6.41	2	1	0
47	Sendangarum	Minggir	Rural	42.64	3.37	2	1	0
48	Sendangmulyo	Minggir	Rural	42.64	6.63	2	1	0

No	Desa atau Kelurahan	Kecamatan	Karakteristik	Coverage Menara Sesuai Karakteristik	Luas Wilayah (km ²)	Jumlah Menara Eksisting	Jumlah Kebutuhan Menara Tahun 2045	Kekurangan Menara Tahun 2045
A	B	C	D	E	F	G	H=F:E	I=H-G
49	Sendangrejo	Minggir	Rural	42.64	5.95	3	1	0
50	Sendangsari	Minggir	Rural	42.64	4.52	2	1	0
51	Sendangtirto	Berbah	Rural	42.64	7.11	9	1	0
52	Sidoagung	Godean	Sub Urban	15.35	3.06	3	1	0
53	Sidoarum	Godean	Urban	3.00	3.72	6	2	0
54	Sidokarto	Godean	Sub Urban	15.35	3.60	1	1	0
55	Sidoluhur	Godean	Rural	42.64	5.18	5	1	0
56	Sidomoyo	Godean	Rural	42.64	3.02	5	1	0
57	Sidomulyo	Godean	Sub Urban	15.35	2.72	2	1	0
58	Sidorejo	Godean	Rural	42.64	5.42	1	1	0
59	Sinduadi	Mlati	Urban	3.00	7.36	37	3	0
60	Sinduharjo	Ngaglik	Urban	3.00	6.10	10	3	0
61	Sindumartani	Ngemplak	Rural	42.64	5.35	3	1	0
62	Sukoharjo	Ngaglik	Rural	42.64	7.89	7	1	0
63	Sumberadi	Mlati	Rural	42.64	6.00	6	1	0
64	Sumberagung	Moyudan	Sub Urban	15.35	8.17	3	1	0
65	Sumberarum	Moyudan	Rural	42.64	7.59	2	1	0
66	Sumberharjo	Prambanan	Rural	42.64	9.31	2	1	0
67	Sumberrahayu	Moyudan	Rural	42.64	6.27	1	1	0
68	Sumberrejo	Tempel	Rural	42.64	2.96	1	1	0
69	Sumbersari	Moyudan	Rural	42.64	5.46	1	1	0
70	Tamanmartani	Kalasan	Urban	3.00	7.30	1	3	2
71	Tambakrejo	Tempel	Rural	42.64	3.23	0	1	1
72	Tegaltirto	Berbah	Urban	3.00	5.65	6	2	0
73	Tirtoadi	Mlati	Urban	3.00	4.94	2	2	0

No	Desa atau Kelurahan	Kecamatan	Karakteristik	Coverage Menara Sesuai Karakteristik	Luas Wilayah (km ²)	Jumlah Menara Eksisting	Jumlah Kebutuhan Menara Tahun 2045	Kekurangan Menara Tahun 2045
A	B	C	D	E	F	G	H=F:E	I=H-G
74	Tirtomartani	Kalasan	Urban	3.00	7.52	8	3	0
75	Tlogoadi	Mlati	Urban	3.00	4.81	3	2	0
76	Tridadi	Sleman	Urban	3.00	5.03	8	2	0
77	Trihanggo	Gamping	Urban	3.00	5.52	11	2	0
78	Triharjo	Sleman	Urban	3.00	5.75	5	2	0
79	Trimulyo	Sleman	Urban	3.00	5.76	1	2	1
80	Umbulharjo	Cangkringan	Rural	42.64	9.10	2	1	0
81	Umbulmartani	Ngemplak	Rural	42.64	6.62	10	1	0
82	Wedomartani	Ngemplak	Urban	3.00	12.41	13	5	0
83	Widodomartani	Ngemplak	Sub Urban	15.35	6.14	3	1	0
84	Wonokerto	Turi	Rural	42.64	12.70	5	1	0
85	Wukirharjo	Prambanan	Rural	42.64	4.52	0	1	1
86	Wukirsari	Cangkringan	Rural	42.64	13.14	4	1	0
Jumlah					573.36	551	138	8

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Kebutuhan menara *eNodeB* di Kabupaten Sleman berdasarkan metode *coverage planning* hanya membutuhkan total penambahan 7 menara lagi. Penambahan tersebut perlu dilakukan pada Desa Candibinangun, Gayamharjo, Mororejo, Tambakrejo, Wukirharjo, Tamanmartani, dan Trimulyo. Menara *eNodeB* dengan jumlah yang ada tanpa mempertimbangkan terhadap lokasi sudah dapat meng-cover seluruh wilayah yang ada di Kabupaten Sleman dengan gap atau kekurangan sejumlah 7 menara pada desa atau kelurahan yang telah disebutkan di atas.

4.1.2 Capacity Planning

Capacity planning adalah salah satu metode perencanaan menara telekomunikasi dengan mempertimbangkan terhadap kapasitas yang dapat ditangani oleh *eNodeB* (Mubarok & Putri, 2019). Perencanaan *eNodeB* dengan metode *capacity planning* dilakukan dengan menghitung terhadap kapasitas *volume data* yang mampu ditangani oleh *eNodeB* kemudian menghitung terhadap proyeksi pengguna seluler yang ada di wilayah perencanaan pada masa mendatang guna memperkirakan kebutuhannya.

4.1.1.1 Perhitungan Kapasitas Menara

Perhitungan kapasitas menara dilakukan dengan melakukan perhitungan terhadap kapasitas sel dalam menangani trafik data. Pada perhitungan kapasitas menara dilakukan dengan memperkirakan laju dari trafik yang mampu diberikan oleh *eNodeB* serta menghitung juga terhadap efisiensi spektral hingga beban yang harus dilayaninya. Nilai dari *busy hour average loading* atau persentase rata-rata pemakaian kapasitas jaringan selama jam sibuk adalah sebesar 50%. Sementara nilai *busy hour carries* atau persentase trafik harian total yang terjadi dalam satu jam sibuk sebesar 15% merujuk pada Holma & Toskala, (2011). Nilai puncak dari efisiensi pada jaringan LTE *release 10* yang bisa dicapai adalah 30 bps pada sisi *downlink* (Oni dkk., 2015). Jumlah rata-rata penggunaan data seluler berdasarkan survei APJII pada tahun 2024 adalah pada rentang 10-20 GB dengan nilai sebesar 31,54% (Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia, 2024). Pada perhitungan ini digunakan nilai tengahnya yakni sebesar 15 GB. Perhitungan terhadap kapasitas *eNodeB* LTE adalah sebagai berikut.

$$S = \frac{B \times E \times 3600 \times L \times D \times C}{8192 \times F \times U}$$

$$S = \frac{20 \times 30 \times 3600 \times 50\% \times 30 \times 3}{8192 \times 15 \times 15\%}$$

$$S = 5.273 \text{ pengguna}$$

Hasil dari perhitungan kapasitas *eNodeB* yang ada menunjukkan bahwasannya setiap *eNodeB* mampu menangani sebanyak 5.273 jiwa. Kapasitas ini didasarkan juga pada beban sebesar 15 *gigabyte* setiap bulannya. Perhitungan ini nantinya akan digunakan sebagai bahan perhitungan untuk proyeksi kebutuhan menara di tahun 2045 disandingkan dengan proyeksi pengguna seluler pada tahun tersebut.

4.1.1.2 Perhitungan Proyeksi Penduduk

Perhitungan terhadap proyeksi penduduk digunakan sebagai salah satu dasar dalam menentukan jumlah dari kebutuhan *eNodeB* yang diperlukan. Proyeksi penduduk digunakan sebagai dasar dari penentuan jumlah pengguna seluler yang ada untuk nantinya dihitung sebagai bahan perhitungan penduduk yang harus dilayani pada tahun 2045. Perhitungan terhadap proyeksi penduduk dilakukan dengan menggunakan perhitungan agregat dengan metode aritmatik, geometri, dan eksponensial. Perhitungan dengan metode ini dipilih dikarenakan ketersediaan data yang ada lebih mendukung terhadap proyeksi ini. Perhitungan dilakukan dengan dasar data tahun sensus yakni tahun 2010 dan 2020.

Hasil dari perhitungan dengan metode aritmatik, geometri, dan eksponensial menunjukkan bahwasannya nilai r atau rasio dari metode aritmatik sebesar 0,002990; metode geometri sebesar 0.00294; dan metode eksponensial sebesar 0,00295. Berdasarkan hasil perhitungan nilai r pada masing-masing metode, maka akan dilakukan perhitungan terhadap masing-masing metode untuk mengetahui mana yang memiliki hasil yang paling mendekati dengan hasil sensus pada tahun 2020 yang nantinya akan digunakan sebagai dasar dalam perhitungan proyeksi penduduk pada tahun 2041.

Tabel 4. 3 Perbandingan Nilai Rasio Metode Agregat Proyeksi Penduduk Kabupaten Sleman

Jumlah Penduduk Kabupaten Sleman (Jiwa)		Perhitungan Jumlah Penduduk Tahun 2020 berdasarkan Nilai Rasio (r)		
2010	2020	Aritmatik	Geometri	Eksponensial
1.093.110	1.125.804	1.125.794	1.125.564	1.095.298

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Berdasarkan perhitungan dengan berbagai metode baik aritmatik, geometri, dan eksponensial didapatkan bahwasanya metode aritmatik memiliki hasil jumlah penduduk pada tahun 2020 sebanyak 1.125.794 jiwa, metode geometri sebanyak 1.125.564 jiwa, dan metode eksponensial sebanyak 1.095.298 jiwa. Maka apabila dihitung selisih dari hasil sensus pada tahun 2020 didapatkan perhitungan pada metode aritmatik memiliki selisih 10 jiwa, metode geometri memiliki selisih 240 jiwa, dan metode eksponensial memiliki selisih

30.506 jiwa. Metode aritmatik memiliki selisih yang paling sedikit dibandingkan dengan dua metode lainnya. Sehingga metode aritmatik dipilih sebagai dasar perhitungan proyeksi penduduk. Berikut merupakan hasil proyeksi penduduk tiap kecamatan di Kabupaten Sleman pada tahun 2045.

Tabel 4. 4 Hasil Proyeksi Penduduk Tiap Kecamatan di Kabupaten Sleman Tahun 2045

No	Kecamatan	Proporsi Penduduk	Proyeksi Penduduk Tahun 2045
1	Moyudan	2,8%	34.115
2	Godean	6,0%	72.785
3	Minggir	2,7%	32.325
4	Gamping	8,9%	106.952
5	Seyegan	4,1%	49.763
6	Sleman	5,7%	69.330
7	Ngaglik	9,3%	112.549
8	Mlati	9,2%	111.604
9	Tempel	4,5%	54.473
10	Turi	3,0%	36.565
11	Prambanan	4,3%	51.761
12	Kalasan	7,0%	84.128
13	Berbah	4,6%	56.102
14	Ngemplak	5,4%	65.119
15	Pakem	3,2%	38.297
16	Depok	16,6%	200.483
17	Cangkringan	2,6%	31.152
Jumlah		100,0%	1.207.504

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Proyeksi penduduk di Kabupaten Sleman pada tahun 2045 diproyeksikan akan sebanyak 1.207.504 jiwa. Kecamatan dengan jumlah penduduk terbanyak adalah Kecamatan Depok dengan jumlah penduduk pada 2045 sebanyak 200.483 jiwa. Sementara kecamatan dengan penduduk proyeksi paling sedikit adalah Kecamatan Cangkringan yang hanya sebanyak 31.152 jiwa.

4.1.1.3 Perhitungan Proyeksi Pengguna Seluler

Proyeksi pengguna seluler dilakukan dengan mengalikan jumlah proyeksi penduduk dengan angka persentase proporsi pengguna seluler. Hal ini disebabkan karena apabila dilakukan proyeksi terhadap pengguna seluler dengan data yang ada maka hasilnya akan melebihi dari proyeksi penduduk. Penggunaan metode *trendline* juga tidak memenuhi karena nilai *r square* yang didapat tidak mencukupi. Maka untuk proyeksi penduduk akan dilakukan dengan mengalikan proyeksi penduduk dengan rata-rata data survei proporsi pengguna seluler di Kabupaten Sleman pada tahun 2017-2024.

Proporsi pengguna seluler di Kabupaten Sleman pada tahun 2017 adalah sebesar 80,26%. Pada tahun 2018 sebesar 85,03%, kemudian pada tahun 2019 sebesar 84,41%. Tahun 2020 nilainya menjadi 83,84, tahun 2021 kemudian naik menjadi 87,47%. Tahun 2022 sebesar 83,68%, 2023 sebesar 85,03%, dan tahun 2024 sebesar 89,30%. Data ini merupakan hasil survei sehingga akan diambil nilai rata-ratanya untuk dikalikan dengan jumlah proyeksi penduduk tiap desa atau kelurahan yang ada di Kabupaten Sleman. Perhitungan nilai proporsi pengguna seluler yang akan digunakan berdasarkan data tahun 2017 hingga 2024 yang dirata-rata adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Proporsi Pengguna} &= \frac{80,26\% + 85,03\% + 84,41\% + 83,84\% + 87,47\% + 83,68\% + 85,03\% + 89,30\%}{8} \\ &= 84,88\%\end{aligned}$$

Nilai rata-rata proyeksi penduduk yang ada adalah sebesar 84,88%. Hasil perhitungan ini nantinya akan digunakan sebagai dasar dalam perhitungan proyeksi pengguna seluler di tahun mendatang. Nilai ini artinya menggambarkan bahwa terdapat 85 orang yang menggunakan telepon seluler diantara 100 orang yang ada di Kabupaten Sleman. Nilai proyeksi proporsi pengguna seluler Kabupaten Sleman pada tahun 2045 dapat dilihat pada tabel 4.5 pada perhitungan selanjutnya.

4.1.1.4 Perhitungan Kebutuhan Menara

Perhitungan kebutuhan menara berdasarkan metode *capacity planning* membutuhkan data masukan berupa proyeksi penduduk guna menghitung jumlah proyeksi pengguna seluler dengan nilai proporsi pengguna seluler serta jumlah menara eksisting yang telah ada. Kebutuhan menara dihitung dengan membagi dari hasil proyeksi pengguna seluler dengan *capacity* dari menara. Perhitungan dilakukan dengan batasan pada setiap desa atau kelurahan yang ada di Kabupaten Sleman. Hasil yang ada juga dibulatkan ke atas untuk mengakomodir semua pengguna yang diproyeksikan. Berikut merupakan hasil perhitungan kebutuhan menara berdasarkan metode *capacity planning*.

Tabel 4. 5 Perhitungan Kebutuhan Menara Telekomunikasi Berdasarkan Metode *Capacity Planning* Tahun 2045

No	Desa atau Kelurahan	Kecamatan	Proyeksi Penduduk Tahun 2045	Jumlah Pengguna Seluler Tahun 2045	Jumlah Menara Eksisting	Jumlah Kebutuhan Menara Tahun 2045	Kekurangan Menara Tahun 2045
A	B	C	D	E	F	G	H=G-F
1	Ambarketawang	Gamping	25.234	21.419	11	5	0
2	Argomulyo	Cangkringan	8.227	6.983	3	2	0
3	Balecatur	Gamping	23.363	19.830	5	4	0
4	Bangunkerto	Turi	9.658	8.198	2	2	0
5	Banyuraden	Gamping	19.342	16.417	13	4	0
6	Banyurejo	Tempel	8.039	6.823	2	2	0
7	Bimomartani	Ngemplak	8.308	7.052	3	2	0
8	Bokoharjo	Prambanan	13.192	11.197	6	3	0
9	Candibinangun	Pakem	6.792	5.765	0	2	2
10	Caturharjo	Sleman	16.055	13.628	6	3	0
11	Caturtunggal	Depok	51.235	43.488	63	9	0
12	Condongcatur	Depok	49.220	41.778	44	8	0
13	Donoharjo	Ngaglik	10.888	9.241	2	2	0
14	Donokerto	Turi	9.902	8.405	5	2	0
15	Gayamharjo	Prambanan	4.750	4.032	0	1	1
16	Girikerto	Turi	8.672	7.361	3	2	0
17	Glagaharjo	Cangkringan	4.236	3.595	1	1	0
18	Hargobinangun	Pakem	9.204	7.812	8	2	0
19	Harjobinangun	Pakem	6.719	5.703	4	2	0
20	Jogotirto	Berbah	12.175	10.334	3	2	0
21	Kalitirto	Berbah	15.305	12.990	7	3	0
22	Kepuharjo	Cangkringan	3.462	2.939	3	1	0
23	Lumbungrejo	Tempel	8.179	6.943	3	2	0

No	Desa atau Kelurahan	Kecamatan	Proyeksi Penduduk Tahun 2045	Jumlah Pengguna Seluler Tahun 2045	Jumlah Menara Eksisting	Jumlah Kebutuhan Menara Tahun 2045	Kekurangan Menara Tahun 2045
A	B	C	D	E	F	G	H=G-F
24	Madurejo	Prambanan	14.332	12.165	3	3	0
25	Maguwoharjo	Depok	40.057	34.001	30	7	0
26	Margoagung	Seyegan	11.305	9.596	4	2	0
27	Margodadi	Seyegan	9.845	8.357	2	2	0
28	Margokaton	Seyegan	8.049	6.832	1	2	1
29	Margoluwih	Seyegan	11.590	9.838	5	2	0
30	Margomulyo	Seyegan	14.160	12.019	3	3	0
31	Margorejo	Tempel	11.666	9.902	2	2	0
32	Merdikorejo	Tempel	7.112	6.037	3	2	0
33	Minomartani	Ngaglik	13.380	11.357	3	3	0
34	Mororejo	Tempel	5.479	4.650	0	1	1
35	Nogotirto	Gamping	21.333	18.108	5	4	0
36	Pakembinangun	Pakem	7.169	6.085	5	2	0
37	Pandowoharjo	Sleman	13.570	11.518	4	3	0
38	Pondokrejo	Tempel	6.710	5.695	1	2	1
39	Purwobinangun	Pakem	10.145	8.611	5	2	0
40	Purwomartani	Kalasan	41.467	35.197	23	7	0
41	Sambirejo	Prambanan	6.158	5.227	4	1	0
42	Sardonoharjo	Ngaglik	23.781	20.185	14	4	0
43	Sariharjo	Ngaglik	24.937	21.167	15	5	0
44	Selomartani	Kalasan	14.201	12.054	7	3	0
45	Sendangadi	Mlati	21.631	18.360	17	4	0
46	Sendangagung	Minggir	8.645	7.338	2	2	0
47	Sendangarum	Minggir	3.838	3.257	2	1	0
48	Sendangmulyo	Minggir	7.334	6.225	2	2	0

No	Desa atau Kelurahan	Kecamatan	Proyeksi Penduduk Tahun 2045	Jumlah Pengguna Seluler Tahun 2045	Jumlah Menara Eksisting	Jumlah Kebutuhan Menara Tahun 2045	Kekurangan Menara Tahun 2045
A	B	C	D	E	F	G	H=G-F
49	Sendangrejo	Minggir	9.342	7.930	3	2	0
50	Sendangsari	Minggir	5.281	4.483	2	1	0
51	Sendangtirto	Berbah	21.279	18.061	9	4	0
52	Sidoagung	Godean	9.929	8.428	3	2	0
53	Sidoarum	Godean	19.124	16.232	6	4	0
54	Sidokarto	Godean	13.579	11.526	1	3	2
55	Sidoluhur	Godean	11.292	9.585	5	2	0
56	Sidomoyo	Godean	9.512	8.073	5	2	0
57	Sidomulyo	Godean	6.818	5.787	2	2	0
58	Sidorejo	Godean	7.245	6.150	1	2	1
59	Sinduadi	Mlati	40.381	34.276	37	7	0
60	Sinduharjo	Ngaglik	21.799	18.503	10	4	0
61	Sindumartani	Ngemplak	8.352	7.089	3	2	0
62	Sukoharjo	Ngaglik	18.491	15.695	7	3	0
63	Sumberadi	Mlati	17.910	15.202	6	3	0
64	Sumberagung	Moyudan	12.439	10.558	3	3	0
65	Sumberarum	Moyudan	7.366	6.253	2	2	0
66	Sumberharjo	Prambanan	15.666	13.297	2	3	1
67	Sumberrahayu	Moyudan	7.449	6.323	1	2	1
68	Sumberrejo	Tempel	4.905	4.163	1	1	0
69	Sumbersari	Moyudan	8.692	7.378	1	2	1
70	Tamanmartani	Kalasan	17.657	14.987	1	3	2
71	Tambakrejo	Tempel	5.429	4.608	0	1	1
72	Tegaltirto	Berbah	14.528	12.331	6	3	0
73	Tirtoadi	Mlati	12.482	10.594	2	3	1

No	Desa atau Kelurahan	Kecamatan	Proyeksi Penduduk Tahun 2045	Jumlah Pengguna Seluler Tahun 2045	Jumlah Menara Eksisting	Jumlah Kebutuhan Menara Tahun 2045	Kekurangan Menara Tahun 2045
A	B	C	D	E	F	G	H=G-F
74	Tirtomartani	Kalasan	19.092	16.205	8	4	0
75	Tlogoadi	Mlati	15.416	13.085	3	3	0
76	Tridadi	Sleman	16.427	13.944	8	3	0
77	Trihanggo	Gamping	21.409	18.172	11	4	0
78	Triharjo	Sleman	20.362	17.283	5	4	0
79	Trimulyo	Sleman	10.690	9.074	1	2	1
80	Umbulharjo	Cangkringan	5.743	4.874	2	1	0
81	Umbulmartani	Ngemplak	10.933	9.280	10	2	0
82	Wedomartani	Ngemplak	35.692	30.295	13	6	0
83	Widodomartani	Ngemplak	9.173	7.786	3	2	0
84	Wonokerto	Turi	10.980	9.320	5	2	0
85	Wukirharjo	Prambanan	2.870	2.436	0	1	1
86	Wukirsari	Cangkringan	11.723	9.951	4	2	0
Jumlah			1.207.504	1.024.929	551	239	18

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Kebutuhan *eNodeB* pada tahun 2045 berdasarkan metode *capacity planning* adalah sebesar 18 titik menara baru. Penambahan yang perlu dilakukan dengan jumlah terbanyak adalah dilakukan penambahan 2 menara pada Desa Candibinangun, Sidokarto, dan Tamanmartani. Desa atau kelurahan lain yang memerlukan penambahan hanya memerlukan sejumlah satu menara saja. Sementara banyak desa atau kelurahan yang dengan jumlah menara eksisting yang masih ada telah mencukupi terhadap kebutuhan pengguna pada tahun perencanaan 2045.

4.1.3 Perencanaan Kebutuhan Menara

Perhitungan kebutuhan menara merupakan langkah akhir untuk menentukan penambahan jumlah menara baru yang akan dilakukan pada wilayah perencanaan. Perencanaan kebutuhan menara dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan terhadap menara pada metode *coverage planning* maupun *capacity planning*. Kemudian dari hasil perbandingan akan diambil kebutuhan mana yang paling banyak. Harapannya dengan metode tersebut maka pada wilayah perencanaan yakni pada skala desa atau kelurahan telah mencukupi baik dari segi *coverage* atau jangkauan maupun dari segi *capacity* atau kapasitas di masa mendatang. Perbandingan dilakukan dengan data kebutuhan menara tahun 2045 baik secara *coverage planning* atau *capacity planning* kemudian diambil nilai terbanyaknya lalu dikurangi dari jumlah menara eksisting apakah telah tercukupi atau belum. Berikut merupakan perbandingan antara dua metode tersebut dan penentuan jumlah kebutuhan *eNodeB*.

Tabel 4. 6 Penentuan Kebutuhan Menara Berdasarkan Metode *Coverage Planning* dan *Capacity Planning* Tahun 2045

No	Desa atau Kelurahan	Kecamatan	Perbandingan Kebutuhan Menara Tahun 2045		Jumlah Menara Diperlukan Tahun 2045	Jumlah Menara Eksisting	Kebutuhan Menara Tahun 2045
			Coverage Planning	Capacity Planning			
A	B	C	D	E	F	G	H=G-F
1	Ambarketawang	Gamping	3	5	5	11	0
2	Argomulyo	Cangkringan	1	2	2	3	0
3	Balecatur	Gamping	4	4	4	5	0
4	Bangunkerto	Turi	1	2	2	2	0
5	Banyuraden	Gamping	2	4	4	13	0
6	Banyurejo	Tempel	1	2	2	2	0
7	Bimomartani	Ngemplak	1	2	2	3	0
8	Bokoharjo	Prambanan	2	3	3	6	0
9	Candibinangun	Pakem	1	2	2	0	2
10	Caturharjo	Sleman	3	3	3	6	0
11	Caturtunggal	Depok	4	9	9	63	0
12	Condongcatur	Depok	3	8	8	44	0
13	Donoharjo	Ngaglik	1	2	2	2	0
14	Donokerto	Turi	1	2	2	5	0
15	Gayamharjo	Prambanan	1	1	1	0	1
16	Girikerto	Turi	1	2	2	3	0
17	Glagaharjo	Cangkringan	1	1	1	1	0
18	Hargobinangun	Pakem	1	2	2	8	0
19	Harjobinangun	Pakem	1	2	2	4	0
20	Jogotirto	Berbah	1	2	2	3	0
21	Kalitirto	Berbah	3	3	3	7	0
22	Kepuharjo	Cangkringan	1	1	1	3	0
23	Lumbungrejo	Tempel	2	2	2	3	0
24	Madurejo	Prambanan	1	3	3	3	0

No	Desa atau Kelurahan	Kecamatan	Perbandingan Kebutuhan Menara Tahun 2045		Jumlah Menara Diperlukan Tahun 2045	Jumlah Menara Eksisting	Kebutuhan Menara Tahun 2045
			Coverage Planning	Capacity Planning			
25	Maguwoharjo	Depok	5	7	7	30	0
26	Margoagung	Seyegan	1	2	2	4	0
27	Margodadi	Seyegan	1	2	2	2	0
28	Margokaton	Seyegan	1	2	2	1	1
29	Margoluwih	Seyegan	1	2	2	5	0
30	Margomulyo	Seyegan	1	3	3	3	0
31	Margorejo	Tempel	2	2	2	2	0
32	Merdikorejo	Tempel	1	2	2	3	0
33	Minomartani	Ngaglik	1	3	3	3	0
34	Mororejo	Tempel	1	1	1	0	1
35	Nogotirto	Gamping	2	4	4	5	0
36	Pakembinangun	Pakem	1	2	2	5	0
37	Pandowoharjo	Sleman	3	3	3	4	0
38	Pondokrejo	Tempel	1	2	2	1	1
39	Purwobinangun	Pakem	1	2	2	5	0
40	Purwomartani	Kalasan	5	7	7	23	0
41	Sambirejo	Prambanan	1	1	1	4	0
42	Sardonoharjo	Ngaglik	1	4	4	14	0
43	Sariharjo	Ngaglik	3	5	5	15	0
44	Selomartani	Kalasan	1	3	3	7	0
45	Sendangadi	Mlati	2	4	4	17	0
46	Sendangagung	Minggir	1	2	2	2	0
47	Sendangarum	Minggir	1	1	1	2	0
48	Sendangmulyo	Minggir	1	2	2	2	0
49	Sendangrejo	Minggir	1	2	2	3	0
50	Sendangsari	Minggir	1	1	1	2	0
51	Sendangtirto	Berbah	1	4	4	9	0

No	Desa atau Kelurahan	Kecamatan	Perbandingan Kebutuhan Menara Tahun 2045		Jumlah Menara Diperlukan Tahun 2045	Jumlah Menara Eksisting	Kebutuhan Menara Tahun 2045
			Coverage Planning	Capacity Planning			
52	Sidoagung	Godean	1	2	2	3	0
53	Sidoarum	Godean	2	4	4	6	0
54	Sidokarto	Godean	1	3	3	1	2
55	Sidoluhur	Godean	1	2	2	5	0
56	Sidomoyo	Godean	1	2	2	5	0
57	Sidomulyo	Godean	1	2	2	2	0
58	Sidorejo	Godean	1	2	2	1	1
59	Sinduadi	Mlati	3	7	7	37	0
60	Sinduharjo	Ngaglik	3	4	4	10	0
61	Sindumartani	Ngemplak	1	2	2	3	0
62	Sukoharjo	Ngaglik	1	3	3	7	0
63	Sumberadi	Mlati	1	3	3	6	0
64	Sumberagung	Moyudan	1	3	3	3	0
65	Sumberarum	Moyudan	1	2	2	2	0
66	Sumberharjo	Prambanan	1	3	3	2	1
67	Sumberrahayu	Moyudan	1	2	2	1	1
68	Sumberrejo	Tempel	1	1	1	1	0
69	Sumbersari	Moyudan	1	2	2	1	1
70	Tamanmartani	Kalasan	3	3	3	1	2
71	Tambakrejo	Tempel	1	1	1	0	1
72	Tegaltirto	Berbah	2	3	3	6	0
73	Tirtoadi	Mlati	2	3	3	2	1
74	Tirtomartani	Kalasan	3	4	4	8	0
75	Tlogoadi	Mlati	2	3	3	3	0
76	Tridadi	Sleman	2	3	3	8	0
77	Trihanggo	Gamping	2	4	4	11	0
78	Triharjo	Sleman	2	4	4	5	0

No	Desa atau Kelurahan	Kecamatan	Perbandingan Kebutuhan Menara Tahun 2045		Jumlah Menara Diperlukan Tahun 2045	Jumlah Menara Eksisting	Kebutuhan Menara Tahun 2045
			Coverage Planning	Capacity Planning			
79	Trimulyo	Sleman	2	2	2	1	1
80	Umbulharjo	Cangkringan	1	1	1	2	0
81	Umbulmartani	Ngemplak	1	2	2	10	0
82	Wedomartani	Ngemplak	5	6	6	13	0
83	Widodomartani	Ngemplak	1	2	2	3	0
84	Wonokerto	Turi	1	2	2	5	0
85	Wukirharjo	Prambanan	1	1	1	0	1
86	Wukirsari	Cangkringan	1	2	2	4	0
Jumlah			138	239	239	551	18

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Berdasarkan pada perbandingan kedua metode di atas baik metode *coverage planning* maupun *capacity planning* dapat diketahui bahwasannya kebutuhan menara *eNodeB* di Kabupaten Slema pada tahun 2045 adalah sebesar 18 menara baru. Jumlah ini sama dengan metode perhitungan *capacity planning* dikarenakan jumlah penduduk nilainya bertambah sementara apabila menggunakan *coverage planning* maka luas wilayah yang ada tetap sehingga jumlahnya akan lebih sedikit dibanding metode kapasitas.

4.2 Analisis Kesesuaian Lahan untuk Pembangunan Menara Telekomunikasi Kabupaten Sleman

Kesesuaian lahan merupakan tingkat kecocokan pada suatu lahan untuk digunakan dalam tujuan tertentu. Kesesuaian lahan untuk pendirian menara telekomunikasi *eNodeB* dilakukan dengan melakukan *overlay* terhadap kebijakan terkait pendirian menara telekomunikasi, bahaya bencana banjir, bahaya bencana longsor, dan lahan sawah dilindungi. Rencana tata ruang wilayah sebagai aturan yang mengatur pemanfaatan ruang diperlukan agar lokasi menara telekomunikasi tidak melanggar terhadap tata ruang serta harus juga memperhatikan kebijakan lain yang perlu untuk mendirikan menara *eNodeB*. Bahaya banjir dan tanah longsor dimasukkan guna menghindari pendirian menara pada wilayah yang rawan terjadi bencana banjir dan tanah longsor. Sementara lahan sawah dilindungi digunakan agar pendirian menara telekomunikasi tidak melanggar aturan.

4.2.1 Kesesuaian Lahan Berdasarkan Kebijakan

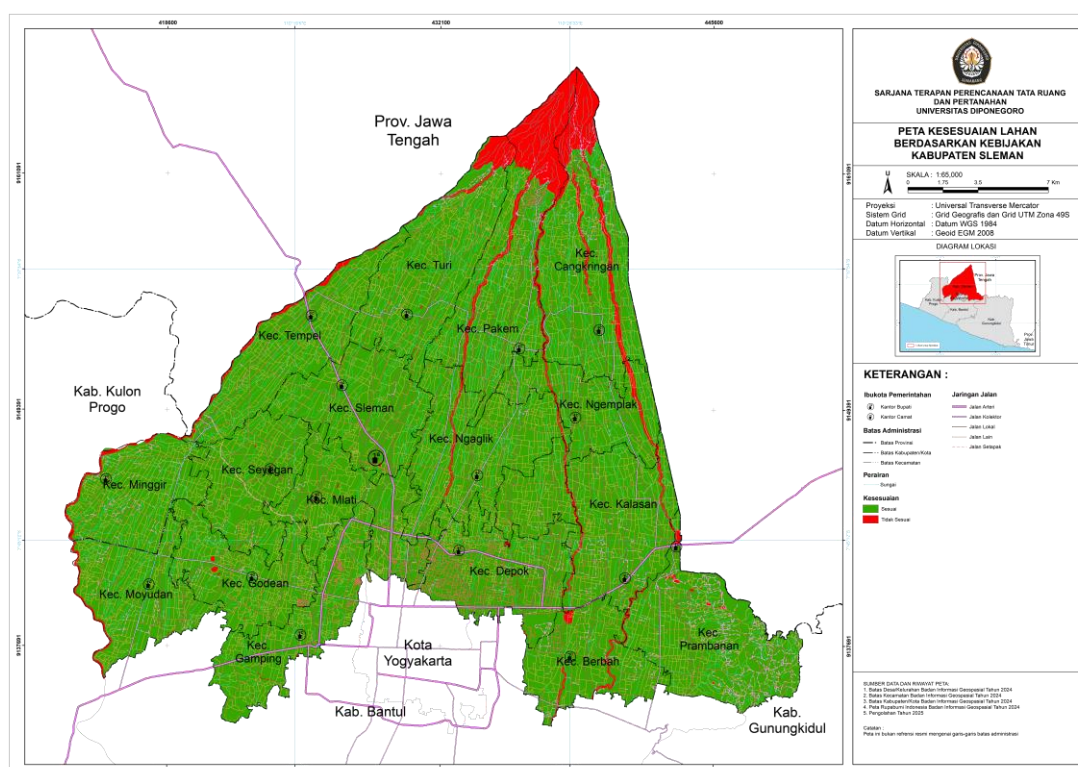
Pendirian *eNodeB* sudah seharusnya mengacu pada kebijakan yang berlaku. Arahan terhadap lokasi yang diperbolehkan maupun dilarang untuk membangun menara telekomunikasi salah satunya adalah Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 07/PRT/M/2009 Tahun 2009 tentang tentang Pedoman Pembangunan dan Penggunaan Bersama Menara Telekomunikasi serta Surat Edaran Direktur Jenderal Penataan Ruang Kementerian Pekerjaan Umum Nomor 06/SE/Dr/2011 tentang Petunjuk Teknis Kriteria Lokasi Menara Telekomunikasi. Pada tingkat kabupaten juga telah ditetapkan kebijakan penataan ruang yakni Peraturan Daerah Kabupaten Sleman Nomor 13 Tahun 2021 mengatur tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sleman Tahun 2021-2041 yang berisi rencana pola ruang yang sudah ditetapkan boleh atau tidaknya membangun menara telekomunikasi sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 07/PRT/M/2009 Tahun 2009 dan Surat Edaran Direktur Jenderal Penataan Ruang Kementerian Pekerjaan Umum Nomor 06/SE/Dr/2011. Berikut merupakan pola ruang yang boleh dibangun maupun tidak untuk menara sesuai dengan regulasi.

Tabel 4. 7 Indikator Kesesuaian Lahan Pembangunan Menara pada Pola Ruang

No	Pola Ruang	Peruntukan Menara	
		Diperbolehkan	Dilarang
1	Badan Air		√
2	Cagar Alam		√
3	Kawasan Cagar Alam Geologi		√
4	Kawasan Cagar Budaya		√
5	Kawasan Perkebunan Rakyat	√	
6	Kawasan Perlindungan Setempat		√
7	Kawasan Permukiman Perdesaan	√	
8	Kawasan Permukiman Perkotaan	√	
9	Kawasan Pertahanan dan Keamanan	√	
10	Kawasan Peruntukan Industri	√	
11	Kawasan Tanaman Pangan	√	
12	Kawasan Transportasi		√
13	Taman Nasional		√
14	Taman Wisata Alam		√

Sumber: Surat Edaran Direktur Jenderal Penataan Ruang Kementerian Pekerjaan Umum Nomor 06/SE/Dr/2011

Klasifikasi kesesuaian lahan berdasarkan kebijakan RTRW Kabupaten Sleman pada daerah yang diperbolehkan akan dikatakan sesuai, sementara pada daerah yang tidak diperbolehkan akan dikatakan tidak sesuai seperti pada gambar berikut.



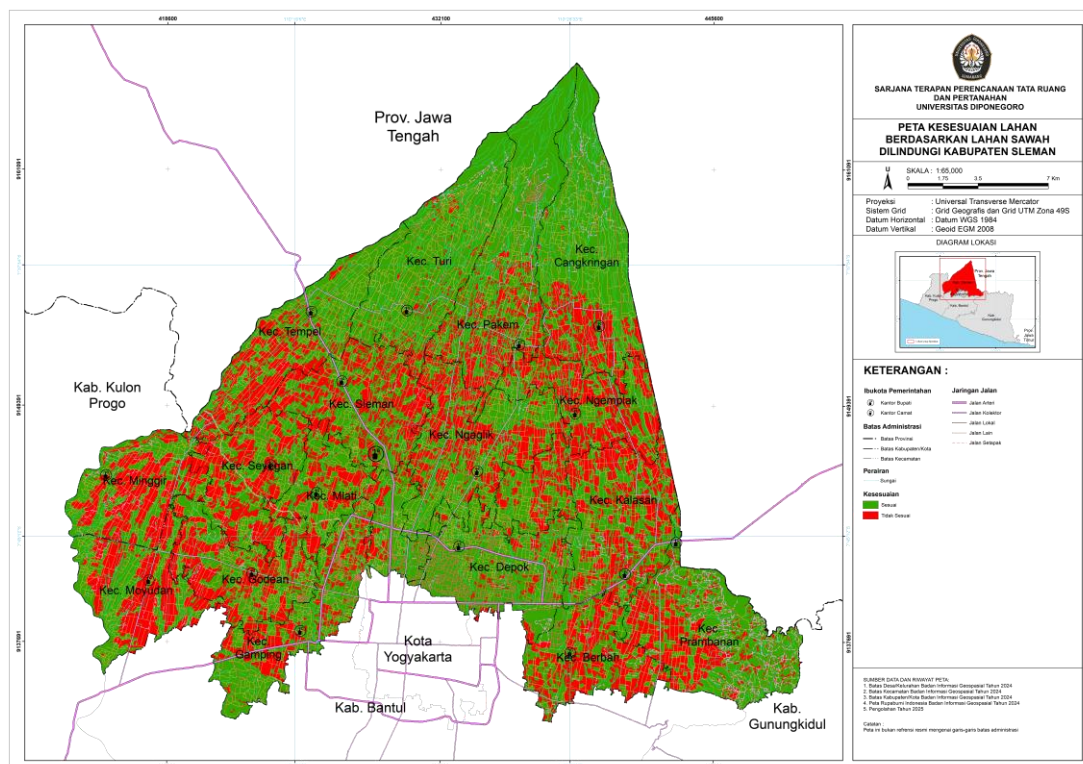
Sumber: Hasil Analisis, 2025

Gambar 4. 1 Peta Kesesuaian Lahan Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah

Kesesuaian lahan untuk menara telekomunikasi berdasarkan regulasi diperbolehkan seluas 53.050,79 hektar atau 92,53% dari luas seluruh Kabupaten Sleman. Sementara untuk wilayah yang dilarang untuk mendirikan menara telekomunikasi seluas 4.284,93 hektar atau seluas 7,47% dari seluruh wilayah.

4.2.2 Kesesuaian Lahan Berdasarkan Lahan Sawah Dilindungi

Lahan sawah dilindungi dapat diartikan sebagai lahan sawah yang telah secara resmi ditetapkan untuk dijaga kelestariannya dan tidak boleh dialihfungsikan tentu menjadi pertimbangan dalam pendirian menara telekomunikasi. LSD tentu harus dipertahankan sesuai dengan tujuannya. Alih fungsi lahan sawah akan mempengaruhi terhadap produktivitas pertanian dan hasil pertanian yang ada di daerah. Pendirian *eNodeB* haruslah menghindari pada lahan-lahan sawah yang dilindungi. Berikut merupakan kesesuaian lahan berdasarkan lahan sawah dilindungi di Kabupaten Sleman.



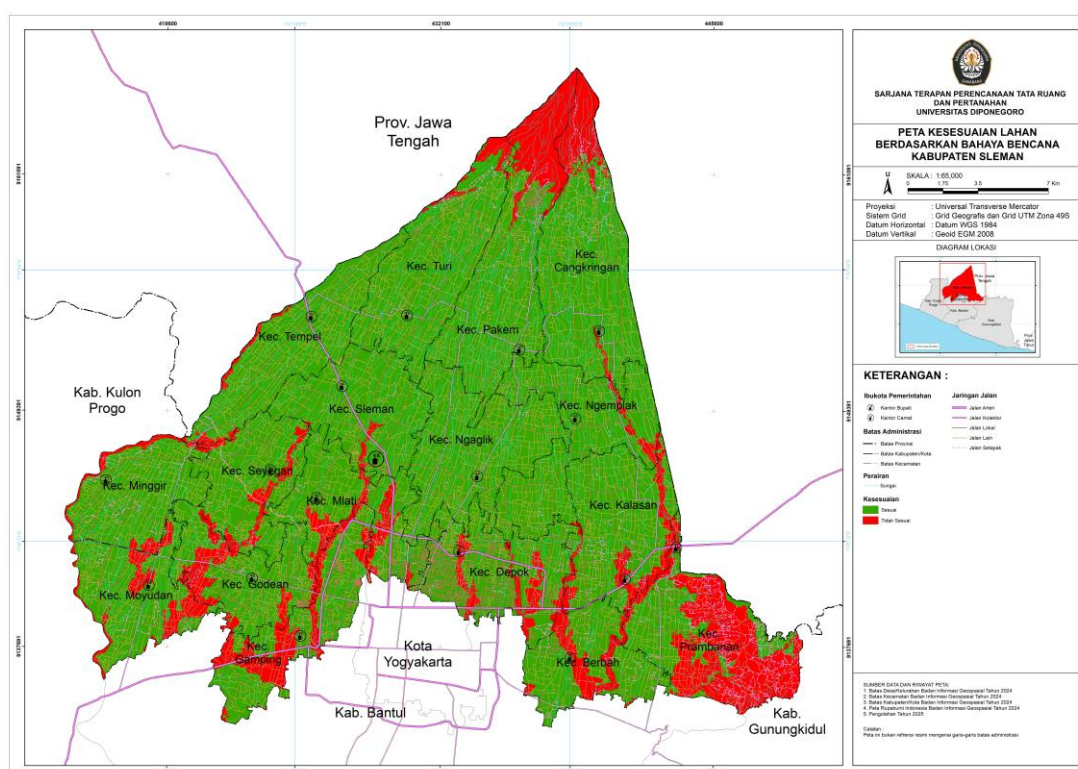
Sumber: Hasil Analisis, 2025

Gambar 4. 2 Peta Kesesuaian Lahan Berdasarkan Lahan Sawah Dilindungi

Kesesuaian lahan berdasarkan lahan sawah dilindungi didapatkan hasil bahwasannya luas yang diperbolehkan untuk menara telekomunikasi adalah seluas 40.227,66 hektar atau sekitar 70,16% dari wilayah Kabupaten Sleman. Sementara lahan yang tidak sesuai untuk pembangunan menara telekomunikasi berdasarkan dari lahan sawah dilindungi adalah seluas 17.108,06 atau 29,84% dari total wilayah.

4.2.3 Kesesuaian Lahan Berdasarkan Bahaya Bencana

Lahan untuk pembangunan menara telekomunikasi harus menghindari terhadap lokasi yang mungkin terjadi bencana. Kesesuaian lahan berdasarkan bahaya bencana dilakukan dengan melakukan *overlay* data bahaya bencana banjir dan tanah longsor yang ada di Kabupaten Sleman. Harapannya pembangunan menara dapat dilakukan di lokasi yang tidak mempunyai bahaya terjadinya bencana baik banjir maupun longsor sehingga menara yang direncanakan dapat beroperasi dengan normal dan bangunan tidak terdampak dari segi fisik. Berikut merupakan peta kesesuaian lahan untuk menara telekomunikasi berdasarkan bahaya bencana banjir dan longsor.



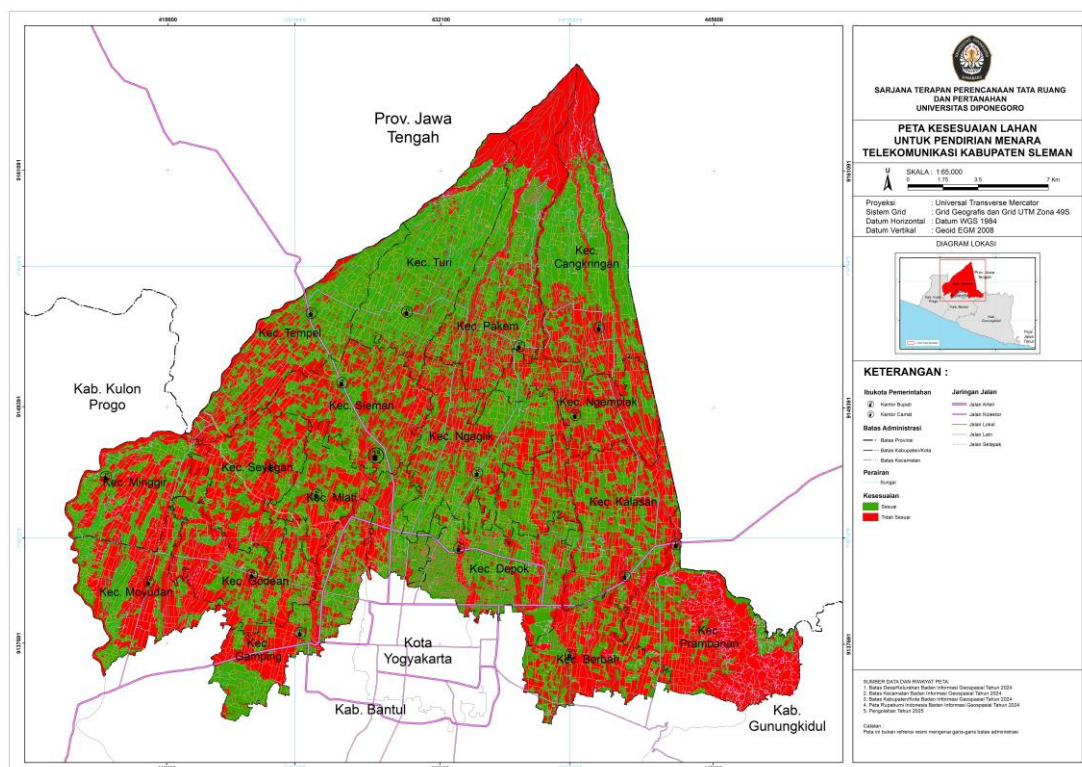
Sumber: Hasil Analisis, 2025

Gambar 4. 3 Peta Kesesuaian Lahan Berdasarkan Bahaya Bencana

Berdasarkan bahaya banjir dan tanah longsor, kesesuaian lahan untuk menara telekomunikasi yang tidak sesuai adalah seluas 9.760,62 hektar atau seluas 17,02% dari keseluruhan Kabupaten Sleman. Lahan yang tidak sesuai ini umumnya berada pada daerah bantaran sungai maupun daerah dengan morfologi yang cukup tinggi dengan kelerengan yang curam sehingga menjadikannya daerah potensial terjadi bencana. Sementara untuk lahan yang sesuai untuk dilakukan pembangunan menara telekomunikasi adalah seluas 47.575,10 hektar atau 82,98% dari total keseluruhan wilayah.

4.2.4 Kesesuaian Lahan Untuk Pendirian Lokasi Menara Telekomunikasi

Kesesuaian lahan untuk pendirian menara telekomunikasi dilakukan dengan melakukan tumpang susun atau *overlay* dari dari kesesuaian kebijakan, lahan sawah dilindungi, dan bahaya bencana yang ada di Kabupaten Sleman. Hasil dari *overlay* nantinya akan digunakan untuk penentuan lokasi yang cocok untuk menara telekomunikasi. Sesuai dengan Peraturan Daerah Kabupaten Sleman Nomor 6 Tahun 2018 tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Nomor 7 Tahun 2015 tentang Pengendalian Menara Telekomunikasi dinyatakan bahwasannya untuk menara tunggal atau *monopole* harus mempunyai lahan seluas 4 m². Menara *monopole* berdasarkan Peraturan Bupati Sleman Nomor 28 Tahun 2020 dibangun pada daerah urban dan sub urban sehingga akan disesuaikan dengan *polygon* hasil kesesuaian lahan. Aturan terkait dengan pendirian menara mandiri dan menara teregang memiliki luas minimal adalah 100 m². Menara jenis teregang dan mandiri berdasarkan Peraturan Bupati Sleman Nomor 28 Tahun 2020 hanya boleh di daerah rural sehingga *polygon* pada daerah ini nantinya akan disesuaikan. Berikut merupakan peta kesesuaian lahan untuk pendirian menara telekomunikasi.



Sumber: Hasil Analisis, 2025

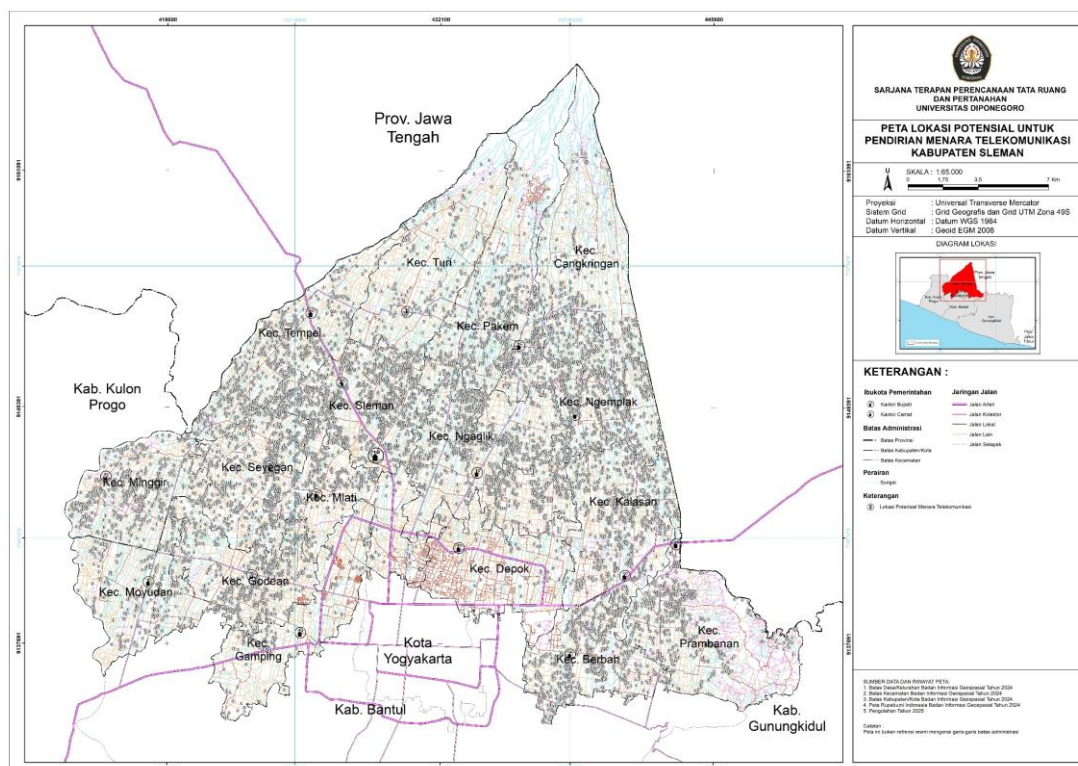
Gambar 4. 4 Peta Kesesuaian Lahan Untuk Pendirian Menara Telekomunikasi

Hasil kesesuaian lahan menunjukkan bahwa 26.139,84 hektar lahan yang ada di Kabupaten Sleman atau sekitar 45,59% lahan yang ada sesuai untuk didirikan menara

telekomunikasi. Sementara lahan seluas 31.195,88 hektar atau 54,41% dari total luas wilayah Kabupaten Sleman tidak sesuai untuk mendirikan menara telekomunikasi.

4.2.5 Lokasi Potensial untuk Pendirian Menara Telekomunikasi

Lokasi potensial untuk pendirian menara telekomunikasi didapatkan dari kesesuaian lahan untuk menara telekomunikasi. *Polygon* dari hasil kesesuaian lahan diharapkan dapat mewakili dari setiap lahan yang boleh untuk didirikan menara telekomunikasi. *Polygon* kesesuaian lahan nantinya dilakukan *centroid* atau untuk mengetahui titik tengahnya kemudian akan dilakukan penentuan lokasi menara telekomunikasi dari titik-titik potensial yang telah didapatkan. Berikut merupakan peta lokasi potensial untuk pendirian *eNodeB* di Kabupaten Sleman.



Sumber: Hasil Analisis, 2025

Gambar 4. 5 Peta Lokasi Potensial Untuk Pendirian Menara Telekomunikasi

Titik lokasi potensial untuk menara telekomunikasi di Sleman didapatkan sebanyak 9.653 titik yang potensial untuk menara telekomunikasi. Sementara kebutuhan untuk penambahan menara telekomunikasi berdasarkan analisis yang telah dilakukan hanya membutuhkan sejumlah 18 menara *eNodeB* baru. Pada desa atau kelurahan yang memerlukan penambahan sendiri, jumlah lokasi potensialnya sejumlah 1.434 lokasi. Oleh karena itu akan dilakukan analisis penentuan lokasi menara telekomunikasi berdasarkan

lokasi potensial yang optimal dalam memberikan *coverage* atau layanan menara telekomunikasi yang merata.

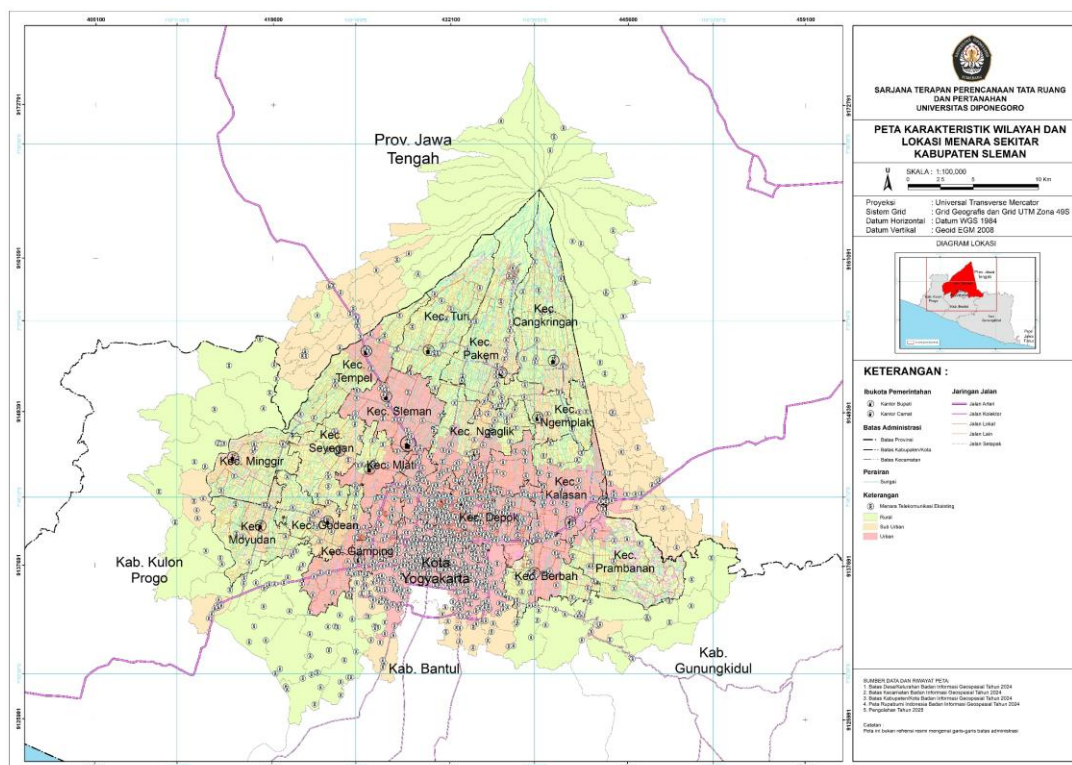
4.3 Penentuan Lokasi Menara Telekomunikasi Berdasarkan Lokasi Potensial

Penentuan lokasi menara telekomunikasi dari lokasi potensial dilakukan dengan menggunakan *automatic cell planning* dan tetap memperhatikan terhadap lokasi menara telekomunikasi yang berada pada daerah administrasi sekitarnya. Penentuan dengan metode *automatic cell planning* dilakukan dengan mempertimbangkan juga karakteristik yang ada pada wilayah yang ada di sekitarnya. Penentuan karakteristik pada wilayah desa atau kelurahan lain yang ada di sekitar Kabupaten Sleman ditentukan dengan menggunakan GHS-SMOD atau *Global Human Settlement – Settlement Model* kecuali pada Kabupaten Bantul karena telah ditetapkan dengan Peraturan Daerah Kabupaten Bantul Nomor 2 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Menara Telekomunikasi Bersama.

GHS-SMOD merupakan skema klasifikasi permukiman desa hingga kota yang diterapkan dalam kerangka GHSL (*Global Human Settlement Layer*), berfungsi sebagai representasi spasial dari konsep urbanisasi dalam basis data GHSL (Sari & Tambunan, 2022). Setiap grid pada GHS-SMOD dihasilkan melalui integrasi antara data area terbangun (*built-up*) dari GHSL dan data kepadatan populasi berbasis grid dari GHSL. Klasifikasi derajat urbanisasi digunakan sebagai dasar definisi permukiman berbasis populasi, dengan menggunakan unit analisis seluas 1 km². Klasifikasi dari GHS-SMOD berdasarkan *European Commission – Joint Research Centre* adalah sebagai berikut:

1. Grid memiliki kepadatan lebih dari 1.500 jiwa/km² yang membentuk kesatuan populasi minimal berjumlah 50.000 jiwa.
2. Grid memiliki memiliki tingkat kepadatan setidaknya 300 - 1.500 jiwa/km² dan memiliki setidaknya total populasi 5.000 - 50.000 jiwa.
3. Grid memiliki tingkat kepadatan kurang dari 300 jiwa per km² dengan populasi sejumlah kurang dari 5.000 jiwa

Klasifikasi karakteristik wilayah dengan GHS-SMOD diharapkan dapat menunjukkan karakteristik wilayah guna melakukan analisis *coverage* sebelum digunakan *automatic cell planning*. Berikut merupakan klasifikasi wilayah yang ada di sekitar Kabupaten Sleman serta menara telekomunikasi eNodeB yang ada dengan jarak 2,9 km pada batas terluar desa atau kelurahan Kabupaten Sleman dikarenakan jarak yang dapat dicapai paling jauh oleh menara adalah 2,9 km pada perhitungan jari-jari sel.



Sumber: Hasil Analisis, 2025

Gambar 4. 6 Peta Lokasi Menara dan Karakteristik Wilayah di Sekitar Kabupaten Sleman

Berdasarkan data di atas dapat diketahui wilayah yang memiliki menara pada desa atau kelurahan yang berbatasan dengan Kabupaten Sleman. Nantinya akan dilakukan perencanaan lokasi menara telekomunikasi baru dengan menggunakan metode *automatic cell planning* pada perangkat lunak atoll dengan mempertimbangkan lokasi menara yang telah ada baik di Kabupaten Sleman sendiri maupun desa atau kelurahan yang ada pada kabupaten atau kota yang berbatasan dan memiliki jangkauan yang melayani di Kabupaten Sleman berdasarkan model prediksi dari perangkat lunak atoll.

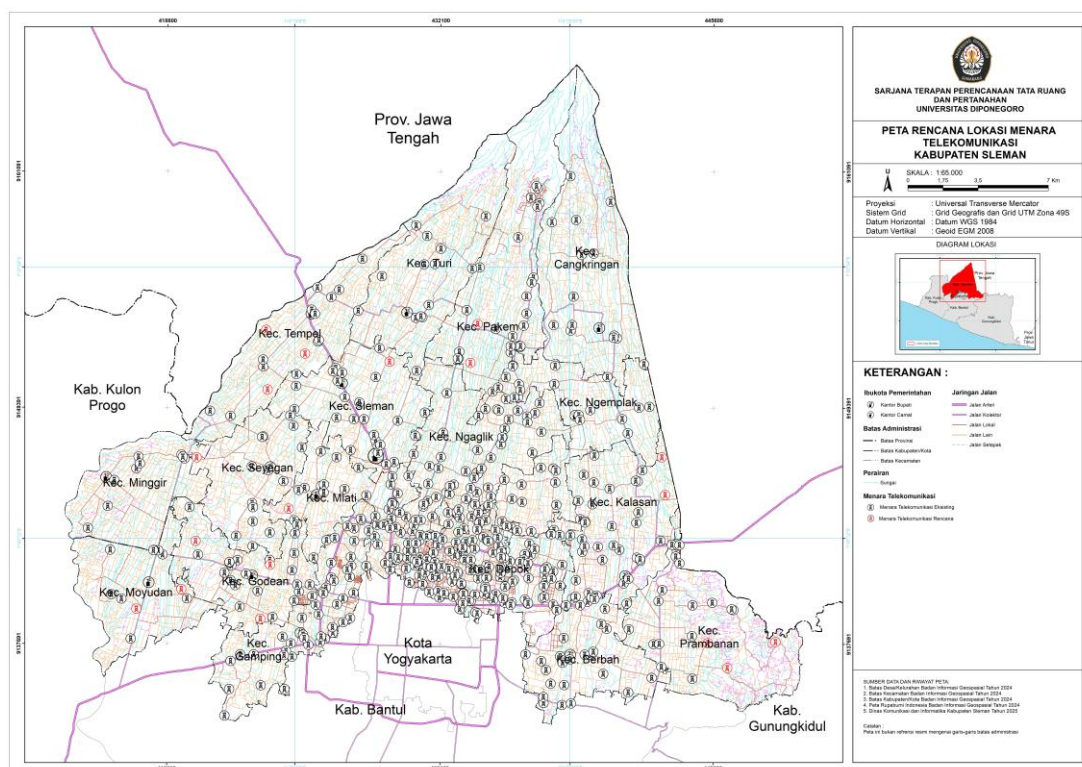
Pada perencanaan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak atau *software* atoll yang diperlukan *Key Performance Indicator* (KPI) guna memberikan target yang ingin dicapai terbaik dalam perencanaannya. KPI yang digunakan dalam perencanaan di tugas akhir ini adalah berupa nilai *Reference Signal Received Power*. Nilai RSRP menjadi parameter dalam menentukan seberapa kuat sinyal jaringan 4G *Long Term Evolution* yang diterima oleh pengguna dalam satuan dBm yang menunjukkan kualitas jaringan yang diterima (Yungka & Widiyanto, 2023). Nilai RSRP diukur dari rentang -80 dBm hingga -120 dBm (Kusumo dkk., 2015).

Tabel 4. 8 Nilai *Reference Signal Received Power*

Kualitas Sinyal	Nilai RSRP
Sangat Baik	$(-80) \leq x$
Baik	$(-90) \leq x < (-80)$
Cukup	$(-100) \leq x < (-90)$
Buruk	$(-110) \leq x < (-100)$
Sangat Buruk	$(-120) \leq x < (-110)$
Tanpa Sinyal	$x < (-120)$

Sumber: Kusumo dkk., 2015

Nilai RSRP yang dijadikan parameter KPI adalah sebesar ≥ -100 dBm dengan cakupan minimal adalah 80% (Hafidh dkk., 2019). Pada penentuan rencana lokasi menara dihitung jarak minimal antar menara telekomunikasi sejauh minimal 200 meter sesuai dengan Peraturan Daerah Kabupaten Sleman Nomor 6 Tahun 2018 tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Nomor 7 Tahun 2015 tentang Pengendalian Menara Telekomunikasi pada Pasal 20 huruf g. Berikut merupakan peta lokasi menara hasil perencanaan yang telah dilakukan.



Sumber: Hasil Analisis, 2025

Gambar 4. 7 Peta Lokasi Rencana Menara Telekomunikasi

Berdasarkan peta di atas dapat diketahui terhadap lokasi rencana menara telekomunikasi di Kabupaten Sleman. Lokasi 18 menara telekomunikasi telah diperhitungkan untuk memberikan jangkauan ke seluruh wilayah Kabupaten Sleman.

Kondisi lokasi potensial juga umumnya masih berupa sawah, tegalan, maupun lahan yang belum dimanfaatkan lainnya. Berikut merupakan gambar kondisi eksisting pada lokasi yang menjadi rencana menara telekomunikasi.



Sumber: Survei Lapangan dan Google Street View, 2025

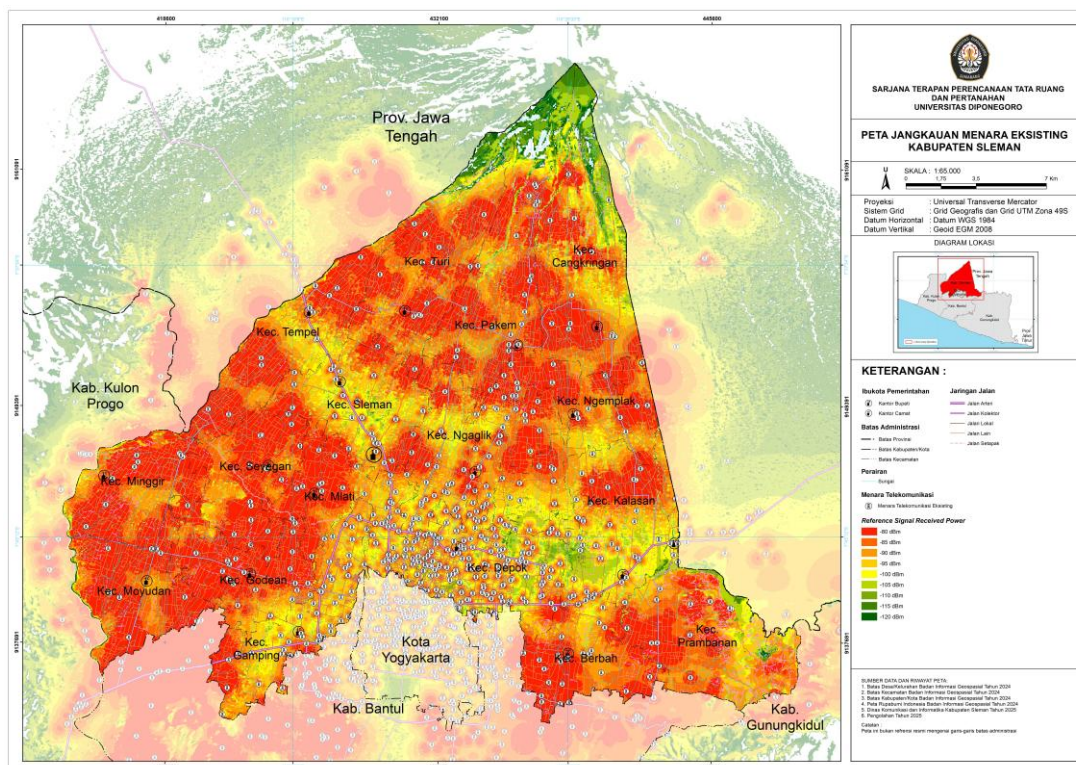
Gambar 4. 8 Peta Kondisi Eksisting pada Lokasi Rencana Menara Telekomunikasi

Pada kondisi eksisting, lokasi yang ada telah sesuai dengan analisis kesesuaian lahan yang telah dilakukan. Lahan yang ada umumnya telah dikecualikan pada lahan yang tidak boleh digunakan untuk pembangunan menara telekomunikasi. Untuk gambaran kondisi eksisting lainnya pada 18 lokasi rencana menara telekomunikasi dapat dilihat pada lampiran. Perbandingan dengan lokasi menara yang telah ada atau eksisting dengan menara rencana juga dapat dilihat dengan perbedaan warna hitam menandakan menara eksisting sementara warna merah menggambarkan menara rencana. Pembahasan terkait dengan nilai *reference signal received power* dan hasil perbandingannya dapat dilihat pada sub bab berikutnya.

4.4 Perbandingan Jangkauan Menara Sebelum dan Sesudah Perencanaan

Perbandingan terhadap jangkauan menara telekomunikasi dilihat berdasarkan nilai RSRPnya. *Reference signal received power* menunjukkan kekuatan sinyal yang diterima oleh perangkat dari menara telekomunikasi. Nilai *reference signal received power* yang semakin besar menggambarkan bahwa semakin baik kualitas sinyal yang ada di daerah tersebut. Nilai *reference signal received power* yang diukur yakni antara -80 dBm hingga -120 dBm dan tetap memasukkan hasil perhitungan pada nilai RSRP pada daerah disekitarnya. Perbandingan jangkauan menara dilihat untuk mengukur perbandingan antara

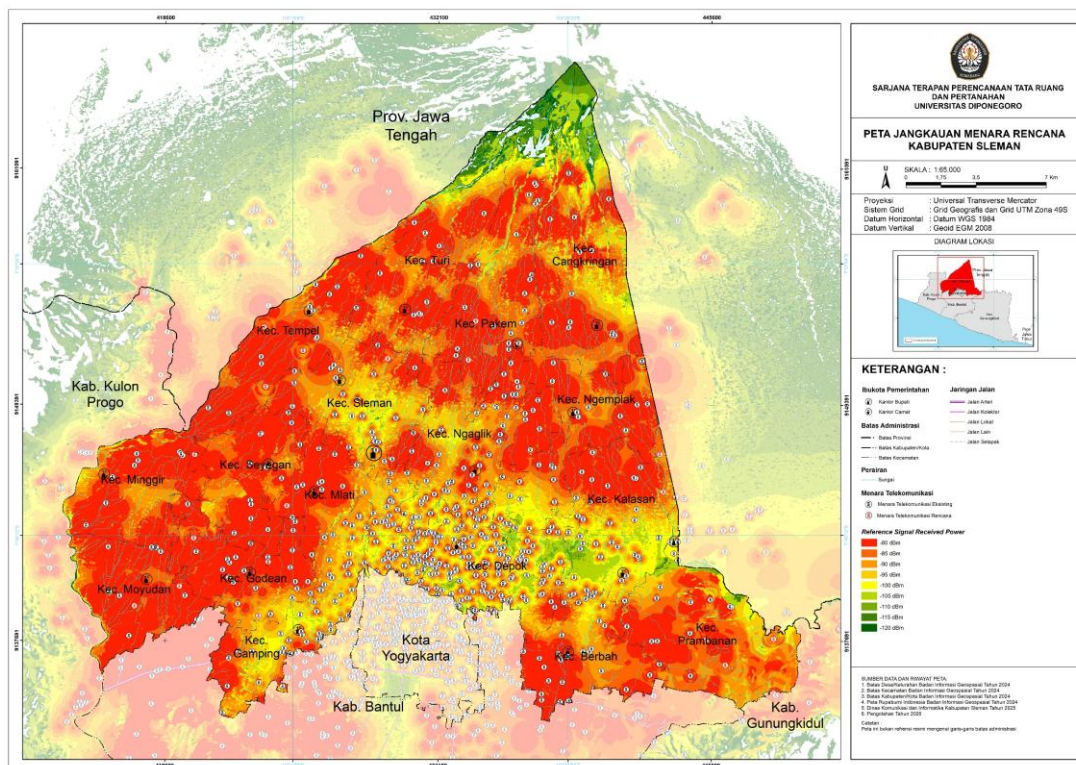
sebelum maupun sesudah perencanaan. Berikut merupakan peta jangkauan *eNodeB* di Kabupaten Sleman sebelum perencanaan atau eksistingnya.



Sumber: Hasil Analisis, 2025

Gambar 4. 9 Peta Jangkauan Menara Telekomunikasi Eksisting Sebelum Perencanaan

Kondisi eksisting sebelum perencanaan berdasarkan peta di atas dapat diketahui bahwa semua wilayah sudah terlayani oleh menara telekomunikasi. Jangkauan layanan telekomunikasi dengan nilai -80 dBm ditandai dengan warna merah, sementara daerah dengan nilai -140 ditandai dengan warna hijau tua. Hanya sedikit wilayah yang tidak terjangkau atau tidak memiliki sinyal dari menara serta memiliki sinyal dengan kondisi yang cukup ditandai dengan warna hijau. Terdapat sebagian kecil pada bagian utara yakni pada lereng Gunung Merapi yang masih terlihat belum terlayani oleh menara telekomunikasi. Sementara perbandingan dengan hasil sesudah perencanaan dapat dilihat pada gambar jangkauan menara hasil perencanaan.



Sumber: Hasil Analisis, 2025

Gambar 4. 10 Peta Jangkauan Menara Telekomunikasi Hasil Perencanaan

Berdasarkan peta di atas dapat diketahui bahwa jangkauan menara hasil perencanaan telah meningkatkan jangkauan dari menara yang ada. Nilai pada RSRP untuk sebagian wilayah juga meningkat ditandai dengan perubahan warna jangkauan yang berubah menjadi merah. Perbandingan nilai antara RSRP yang ada di Kabupaten Sleman sebelum perencanaan dengan sesudah perencanaan dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4. 9 Perbandingan Nilai RSRP Sebelum dan Sesudah Perencanaan

Nilai RSRP (dBm)	Eksisting		Rencana	
	Luas (Ha)	Persentase	Luas (Ha)	Persentase
-80	22.518,21	39,48%	25.718,90	45,06%
-85	10.608,38	18,60%	10.748,63	18,83%
-90	9.497,12	16,65%	8.623,66	15,11%
-95	6.813,76	11,94%	5.826,75	10,21%
-100	4.019,28	7,05%	3.183,07	5,58%
-105	1.899,33	3,33%	1.505,48	2,64%
-110	791,93	1,39%	.652,35	1,14%
-115	614,25	1,08%	539,24	0,94%
-120	280,92	0,49%	272,64	0,48%
Total	57.043,18	100.00%	57.070,71	100.00%

Sumber: Hasil Analisis, 2025

Perencanaan menara telekomunikasi di Kabupaten Sleman dengan menggunakan metode *automatic cell planning* pada dasarnya telah mencapai target yang ditentukan dengan

nilai sebesar -100 dBm dengan cakupan sebesar 80% dari total luas wilayah. Peningkatan pada kualitas sinyal sangat baik pada nilai -80 dBm juga meningkat sebesar 5,5% dari yang sebelumnya 22.518,21 hektar menjadi 25.718,90 hektar. Luasan yang tercakup menara telekomunikasi juga meningkat sebesar 27,54 hektar dari kondisi eksisting sebesar 57.043,18 hektar menjadi 57.070,71 hektar. Akan tetapi, kondisi ini masih menyisakan sejumlah 265.01 hektar yang tidak memiliki sinyal dari total keseluruhan luasan Kabupaten Sleman seluas 57.335,72 hektar. Apabila dilakukan *overlay* antara jangkauan menara rencana dengan permukiman yang ada di Kabupaten Sleman, hasil menunjukkan bahwa sudah semua permukiman tertutupi oleh jangkauan menara yang ada sehingga secara jangkauan dapat dikatakan telah mencakup seluruh wilayah permukiman.