

PERANCANGAN DAN ANALISIS 5G FIXED WIRELESS ACCESS UNTUK AKSELERASI TRANSFORMASI DIGITAL

Asri Wulandari¹⁾, Toto Supriyanto²⁾, Ahmad Rifa'i³⁾, Adhi Hidayatullah⁴⁾

¹ Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Depok, 16425

² Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Depok, 16425

³ Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Depok, 16425

⁴ PT. Telekomunikasi Selular, Jakarta, 12710

E-mail: asri.wulandari@elektro.pnj.ac.id

Abstract

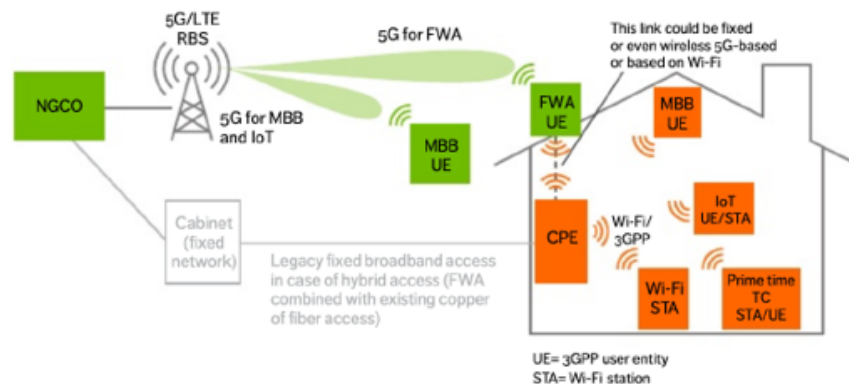
The advancement of 5G technology offers significant potential in driving digital transformation, especially in residential areas. One key application is 5G Fixed Wireless Access (FWA), providing high-speed internet without complex fiber infrastructure. 5G FWA delivers broadband via wireless transmission from a gNodeB to a fixed receiver with customer premises equipment (CPE) in homes or buildings. This study aims to design and analyse a 5G FWA network in Alam Sutera Residential, using 2300 MHz frequency and 30 MHz bandwidth, covering an area of 5.7 km². The analysis involves capacity and coverage calculations to determine optimal gNodeB deployment. Based on capacity analysis, the network requires 13 gNodeB for downlink and 10 for uplink, serving 5135 households with a guaranteed throughput of 30 Mbps per user. Coverage analysis, using propagation and link budget models, indicates a need for 10 gNodeB for downlink and 7 for uplink. Considering both approaches, the optimal gNodeB requirement is set at 13 sites, ensuring reliable service for high-demand scenarios.

Keywords: 5G FWA, Capacity Analysis, Coverage Analysis, gNode B

PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur digital sangat diperlukan saat ini untuk mendukung akselerasi transformasi digital. Munculnya teknologi terbaru 5G telah dirancang untuk memenuhi pertumbuhan data dan konektivitas yang sangat besar pada masyarakat modern saat ini yaitu *Internet of Things* (IoT) dengan miliaran perangkat yang terhubung, dan teknologi inovasi masa depan (Wulandari et al., 2021). Perkembangan teknologi 5G membuka peluang besar dalam akselerasi transformasi digital, khususnya di sektor residensial. Salah satu penerapannya adalah *5G Fixed Wireless Access* (5G FWA), yang menawarkan alternatif konektivitas berkecepatan tinggi tanpa memerlukan infrastruktur kabel fiber-optik yang kompleks (Papadopoulos, Ellena, 2020). *Fixed Wireless Access* (FWA) merupakan konsep penyediaan layanan pita lebar (*broadband*) untuk rumah, usaha kecil, dan usaha menengah di area dengan akses terbatas ke infrastruktur yang ada untuk menyediakan pita lebar kabel melalui tembaga, serat, atau DSL (Wilkinson et al., 2025). Kurangnya kabel

juga membuat 5G FWA ideal untuk menghubungkan lokasi terpencil atau kurang terlayani tempat pemasangan kabel yang terbukti terlalu mahal atau sulit, sehingga menjadikannya teknologi utama untuk menjembatani kesenjangan digital (Soo et al., 2023). Gambar arsitektur dari 5G FWA untuk implementasi residential dapat dilihat pada Gambar 1.



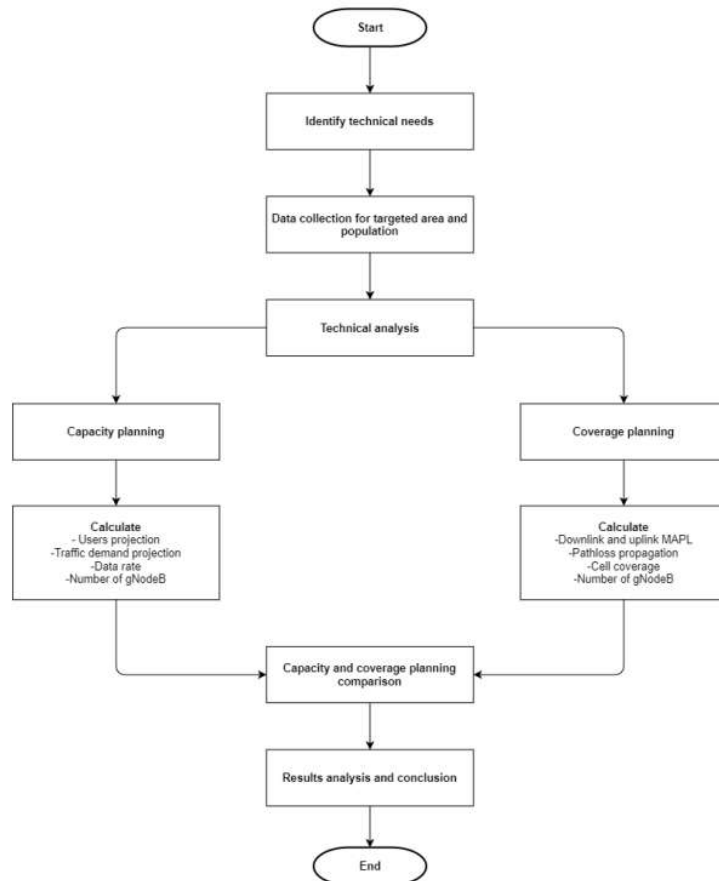
Gambar 1. Contoh *Deployment* dari 5G FWA (Soo et All., 2023)

Kawasan Alam Sutera *Residential*, sebagai salah satu area hunian modern di Indonesia, memiliki kebutuhan yang semakin meningkat terhadap akses internet yang andal dan berkecepatan tinggi untuk mendukung berbagai aktivitas digital seperti *smart home*, *work-from-home (WFH)*, *online learning*, *cloud gaming* serta berbagai layanan digital lainnya (GSMA, 2020). Seiring dengan meningkatnya adopsi perangkat *Internet of Things (IoT)* dalam rumah pintar, permintaan akan koneksi *broadband* yang memiliki latensi rendah dan *throughput* tinggi menjadi semakin krusial. Namun, tantangan dalam penggelaran infrastruktur kabel fiber-optik, seperti biaya investasi yang tinggi, proses instalasi yang kompleks, serta keterbatasan ekspansi ke area tertentu, membuat solusi konvensional kurang ideal untuk memenuhi kebutuhan konektivitas di kawasan ini. Oleh karena itu, 5G FWA menjadi alternatif yang lebih fleksibel dan efisien, karena dapat memberikan kecepatan internet setara dengan fiber-optik tanpa memerlukan infrastruktur kabel yang ekstensif (Adityo, et al., 2022).

Penelitian berfokus pada rancangan dan penerapan jaringan 5G FWA di kawasan Alam Sutera *Residential*, dengan fokus pada aspek cakupan jaringan, kapasitas, dan optimasi performa di frekuensi 2300 MHz BW 30 MHz saat diimplementasikan teknologi 5G FWA untuk memberikan layanan aplikasi (*use case*) pada kawasan tersebut. Evaluasi terhadap parameter kapasitas dan *coverage* akan dilakukan dalam tahap perancangan dan analisis, sebagai upaya untuk mencapai kualitas jaringan yang memadai.

METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam perancangan dan analisis 5G FWA di wilayah Alam Sutera Residence dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Diagram Alur Langkah Kerja Penelitian

Proses perancangan dan implementasi jaringan 5G Fixed Wireless tersebut mencakup beberapa tahapan, antara lain :

1. Mengidentifikasi nilai parameter desain sistem serta melakukan analisis perhitungan untuk implementasi 5G FWA sesuai dengan skenario atau bentuk pemodelan,
2. Mengumpulkan data target area yang dirancang yaitu Alam Sutera *Residential*, luas area wilayah sebesar 5,7 km² dan pelanggan 5G FWA yaitu 5135 HH (*household*)
3. Menentukan skenario untuk menganalisa performansi, dimana setiap skenario dianalisis secara teknis dengan pendekatan dimensioning, berdasarkan pengukuran parameter data

- spesifik dari masing-masing skenario. Proses analisis ini terbagi menjadi dua fokus utama, yakni evaluasi terhadap kapasitas dan terhadap jangkauan layanan (*coverage*).
4. Melakukan estimasi perhitungan kapasitas dengan mengacu pada asumsi nilai trafik yang dibutuhkan yaitu menggunakan *guaranteed speed* 30 Mbps dan *throughput* 5G FWA di daerah Alam Sutra Residence serta memperhitungkan jumlah pelanggan *house hold* (HH). Data tersebut akan digunakan untuk menentukan jumlah gNodeB yang dibutuhkan.
 5. Menentukan estimasi wilayah jangkauan dengan pendekatan *link budget calculation* serta memperhitungkan batas maksimum rugi-rugi lintasan (*Maximum Allowable Path Loss / MPAL*). Hasil estimasi cakupan ini selanjutnya dijadikan acuan untuk menentukan kebutuhan jumlah gNodeB dalam rancangan jaringan berdasarkan *coverage*.
 6. Tahap terakhir adalah membandingkan hasil analisa yang dilakukan terhadap kedua skenario perhitungan yang telah disusun sebelumnya. Hasil perbandingan dari masing-masing skenario digunakan untuk memperoleh estimasi jumlah gNodeB yang paling optimal sesuai kebutuhan jaringan pada perancangan 5G FWA di kawasan Alam Sutera Residential.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisa Kapasitas (*Capacity Analysis*)

Dalam proses perhitungan kapasitas jaringan 5G FWA, salah satu parameter utama yang digunakan adalah jumlah pelanggan rumah tangga (*household lines*) yang berada di kawasan Alam Sutera Residential. Berdasarkan data hingga April 2025, terdapat sebanyak 5.135 HH yang telah memenuhi persyaratan teknis untuk mengakses layanan jaringan 5G FWA, baik dari sisi cakupan sinyal, dukungan perangkat, maupun kesiapan infrastruktur lokal. Data ini menjadi dasar dalam menentukan estimasi total trafik serta kebutuhan kapasitas jaringan pada area tersebut. Parameter nilai untuk perhitungan trafik yang dibutuhkan untuk penentuan jumlah gNode B terlihat pada Tabel 1. Perhitungan kapasitas menjadi aspek krusial dalam perencanaan jaringan, karena kapasitas sistem dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, antara lain jumlah dan distribusi *site*, alokasi spektrum frekuensi yang digunakan, serta konfigurasi sektor pada masing-masing *base station*.

Tabel 1. Data Parameter Perhitungan Traffik pada 2,3 GHz BW 30 MHz

Selected Area	Alam Sutera Residential
Area (km ²)	35 km ²
Jumlah Pelanggan HH	5135 HH
Average cell Throughput (Mbps)	145 (UL) dan 111 (DL)
Cell Capacity (%)	80

<i>BH</i> (Mbps)	9
<i>Active Ratio</i> (%)	50
<i>Duty Ratio</i> (%)	15

Untuk penentuan kebutuhan gNodeB (*site*) berdasarkan perhitungan kapasitas menggunakan antenna 8T8R dengan modulasinya adalah 64 QAM, diperoleh jumlah gNode yang dihasilkan berdasar perancangan *capacity* di wilayah Alam Sutera *Residential* seperti tampak pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah gNodeB Hasil Analisa *Capacity*

Parameter	5G FWA (2300 MHz, 30 MHz)	
	<i>Uplink</i> (UL)	<i>Downlink</i> (DL)
Jenis Perangkat	Outdoor	Outdoor
Jumlah sektor	3	3
Lebar pita (MHz)	30	30
<i>Number of line</i> (HH)/sector	132	145
<i>Number of line</i> (HH)/site	395	516
Luas Wilayah (km ²)	5,78	5,78
Total gNodeB	13	10

2. Analisa Coverage (*Coverage Analysis*)

Untuk melakukan analisis cakupan jaringan (*coverage*) dilakukan dengan menghitung nilai *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL), yang diperoleh melalui perhitungan *link budget* untuk memproyeksikan besarnya path loss pada arah *downlink* dan *uplink* yang diterima oleh antenna penerima. Dalam implementasi jaringan 5G FWA ini, digunakan model propagasi standar 3GPP 38.901. Berdasarkan karakteristik geografis dan kepadatan wilayah Alam Sutera Residential, area tersebut diklasifikasikan sebagai lingkungan *Urban Macro* (UMa), sehingga model propagasi yang digunakan mengacu pada skenario 3GPP 38.901 UMa dengan kondisi *Line of Sight* (LOS)

Tabel 3. Spesifikasi *Link Budget* pada Spektrum 2300 MHz

Parameters	Link Budget 2300MHz BW 30 MHz	
	<i>Downlink</i> (DL)	<i>Uplink</i> (UL)
Daya Pemancar gNode B (dBm)	49	49
Nilai RB	30	30
Nilai SS (kHz)	78	78
<i>Gain Antena</i> gNode B (dBi)	936	936
Nilai <i>Cable Loss</i> gNode B (dBi)	2	2
Nilai <i>Penetration Loss</i> (dB)	0	0
Nilai <i>Folliage Loss</i> (dB)	19	19
Nilai <i>Body Loss</i> (dB)	19,59	19,59
Interference Margin (dB)	3	3
<i>Subcarrier Quantity</i>	6	2
<i>Rain/Ice Margin</i> (dB)	0	0
<i>Slow Fading Margin</i> (dB)	7	7
UT Antenna Gain (dB)	0	0
<i>Thermal Noise Power</i> (dBm)	-157,911933	-157,911933

UT Noise Figure (dB)	9	9
Demodulation Threshold SINR (dB)	19,4	19,4

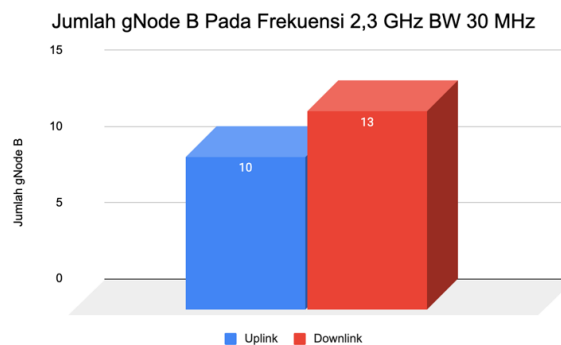
Langkah awal dalam proses perhitungan dimulai dengan penetapan rentang frekuensi operasional yang akan digunakan dalam desain jaringan. Setelah itu, ditentukan parameter-parameter numerologi yang relevan serta dilakukan penghitungan *link budget* untuk mendukung estimasi performa sistem secara menyeluruh. Desain jaringan 5G FWA dirancang untuk beroperasi pada pita frekuensi 2300 MHz dengan lebar pita (bandwidth) sebesar 30 MHz. Parameter teknis yang digunakan dalam perancangan ini tercantum secara rinci pada Tabel 3. Parameter-parameter yang telah ditetapkan tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan *link budget*. Hasil dari proses ini menghasilkan model propagasi yang ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Coverage terhadap Kebutuhan gNodeB

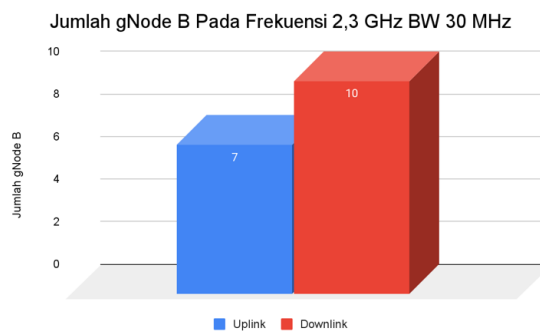
Penyebaran Sinyal 5G NR dengan Frekuensi 2300 MHz dan Lebar Pita 30 MHz			
Parameters	Symbols	Propagation 3GPP 38.901 UMa- LOS	
		Downlink (DL)	Uplink (UL)
Nilai Path loss	$PLUMa$	394 (dB)	399 (dB)
Ketinggian dari <i>Equipment</i>	hE	1 (m)	1 (m)
Ketinggian dari <i>Transmission User</i>	hUT	1.5 (m)	1.5 (m)
Ketinggian dari gNodeB	hBS	25 (m)	25 (m)
$h'bs$	$h'bs$	24 (m)	24 (m)
$h'UT$	$h'UT$	0.5 (m)	0.5 (m)
Kecepatan Cahaya	c	3×10^8 (m/s)	3×10^8 (m/s)
Jarak <i>Breakpoint</i>	$d'BP$	368 (m)	368 (m)
Nilai Jangkauan <i>Cell</i>	$d2D$	478 (m)	602 (m)
Hasil Resultant Jarak antara hBS dan hUT	$d3D$	478 (m)	602 (m)
Total gNode B		10	7

3. Perbandingan Jumlah gNode B berdasar Analisa Kapasitas dan Analisa Coverage

Hasil dari kalkulasi estimasi kebutuhan kapasitas jaringan menunjukkan bahwa untuk mendukung implementasi jaringan 5G FWA di kawasan Alam Sutera Residensial, dibutuhkan sebanyak 13 site gNodeB untuk sisi *downlink* dan 10 site untuk sisi *uplink* guna memenuhi kebutuhan trafik secara optimal, dengan kemampuan mengcover 5135 HH dengan *guarantee DL speed* sebesar 30 Mbps. Hasil perhitungan kebutuhan kapasitas jaringan dapat dilihat pada Gambar 3. Perhitungan *coverage planning* implementasi 5G FWA wilayah Alam Sutera *Residential* menunjukkan bahwa jumlah gNodeB yang dibutuhkan adalah 7 gNodeB untuk *uplink* dan 10 gNodeB untuk *downlink*. Hasil Perhitungan untuk coverage analysis dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Hasil Analisis Kapasitas terhadap Kebutuhan Infrastruktur gNodeB



Gambar 4. Hasil Analisis Coverage terhadap Kebutuhan Infrastruktur gNodeB

Hasil perhitungan dari kedua pendekatan, yakni analisis kapasitas (*capacity analysis*) dan analisis cakupan (*coverage analysis*), kemudian dibandingkan untuk mengevaluasi kebutuhan optimal jumlah gNodeB. Perbandingan tersebut disajikan secara rinci dalam Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Hasil Analisa Kebutuhan Jumlah gNode

Analysis	5G FWA (2300MHz, 30 MHz)	
	Uplink (UL)	Downlink (DL)
Capacity (Total gNode B)	10	13
Coverage (Total gNodeB)	7	10

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu *capacity planning* dan *coverage planning*, dilakukan perbandingan untuk menentukan jumlah gNodeB yang paling sesuai dengan kebutuhan jaringan di wilayah Alam Sutera Residential. Dari hasil perhitungan tersebut, diketahui bahwa skenario dengan kebutuhan kapasitas tertinggi memerlukan jumlah gNodeB yang lebih besar dibandingkan cakupan wilayah. Oleh karena itu, untuk memastikan jaringan 5G FWA mampu memenuhi permintaan layanan secara optimal, maka dipilih jumlah gNodeB berdasarkan skenario kapasitas tertinggi, yaitu

sebanyak 13 site. Keputusan ini diambil guna mengantisipasi beban trafik yang tinggi dan menjamin kualitas layanan tetap terjaga di area padat permukiman tersebut.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan analisis teknis terhadap implementasi jaringan 5G FWA) di kawasan Alam Sutera Residential, dengan menggunakan Frekuensi 2300 MHz BW 30 MHz, diperoleh hasil perhitungan yang mencakup dua pendekatan utama: *capacity analysis* dan *coverage analysis*. Pada analisis kapasitas, estimasi kebutuhan infrastruktur menunjukkan bahwa diperlukan sebanyak 13 site gNodeB untuk *downlink* (DL) dan 10 site untuk *uplink* (UL), guna melayani total 1535 *household* (HH) dengan permintaan *guaranteed traffic* sebesar 30 Mbps per pengguna. Sementara itu, dari hasil *coverage analysis*, perhitungan berdasarkan model propagasi dan parameter *link budget* menghasilkan kebutuhan sebesar 10 site gNodeB untuk DL dan 7 site untuk UL. Dengan mempertimbangkan kedua pendekatan tersebut, serta mengacu pada skenario dengan kebutuhan trafik tertinggi guna menjamin kualitas layanan, maka ditetapkan bahwa jumlah gNodeB yang optimal untuk implementasi 5G FWA di wilayah tersebut adalah sebanyak 13 site.

DAFTAR PUSTAKA

- Papadopoulos, Ellena. (2020). 5G Fixed Wireless Access. *Journal of Advanced Communications Systems EGH443 vol. 3 no. 1 May 2020*.
- GSMA. (2020). 5G IoT Private & Dedicated Networks for Industry 4.0. *GSMA White Paper, Oktober, 2020*.
- Adityo, M., Nasiruddin, M Imam., and Nugraha, M Adam. (2021). 5G Fixed Wireless Access Network for Urban. *IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence Systems (IoT&IS)*.
- Soo, Silas., Joseph M., Kingsley Eghonghon, Gabriel A. (2023). Design and planning of a 5G fixed wireless network. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics Vol. 12, No. 3, June 2023, pp. 1523~1527 ISSN: 2302-9285, DOI: 10.11591/eei.v12i3.4901*
- Wilkinson, A., and Larkins, J. (2025). Fixed Wireless Access (FWA). *Ericsson.com, 2025*. [Online]. <https://www.ericsson.com/en/fixed-wireless-access>
- Wulandari, A., Hasan, M., and Hikmaturokhman, A. 2022. Private 5G Network Capacity and Coverage Deployment for Vertical Industries: Case Study in Indonesia, *2022 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (COMNETSAT), Solo, Indonesia, 2022, pp. 317-322, doi: 10.1109/COMNETSAT56033.2022.9994332*.