

Perencanaan New Radio Pada Frekuensi 900 Mhz Dan 1800 Mhz Dengan Teknik Dynamic Spectrum Sharing

1st Firmansyah
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

firmansyahtelco@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Arfianto Fahmi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

arfiantof@telkomuniversity.ac.id

3rd Ishak Ginting
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

ishakg@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— Perkembangan teknologi 5G New Radio telah dikomersialkan oleh beberapa operator seluler di beberapa negara dengan strateginya masing-masing. Sementara itu, dengan akan mulai diimplementasikannya 5G di Indonesia, sumber daya spektrum frekuensi yang dimiliki oleh setiap operator telah dialokasikan untuk teknologi existing 2G, 3G dan 4G. Spektrum frekuensi termasuk sumber yang terbatas dan mahal. Perencanaan radio frekuensi merupakan tahapan penting untuk memaksimalkan kualitas dan kapasitas jaringannya. Berdasarkan 3GPP release-15, teknologi NR mempunyai fitur teknologi Dynamic Spektrum Sharing (DSS) yang mendukung teknologi 4G dan 5G dapat menggunakan alokasi spektrum frekuensi yang sama.[1]. Pada penelitian ini dilakukan perencanaan jaringan 5G NR dengan menggunakan teknik Dynamic Spectrum Sharing pada frekuensi existing teknologi LTE. Studi kasus dilakukan di kota Tangerang Selatan pada frekuensi 900 MHz dan 1800 MHz. Simulasi dilakukan menggunakan software Atoll 3.4.0 dengan model propagasi Urban Macro (UMa) yang telah distandarisasi oleh 3GPP TR 38.901. Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan dan simulasi jumlah kebutuhan site sebanyak 72 site untuk dapat mengakomodir kebutuhan coverage dan capacity di kota Tangerang Selatan. Dengan menggunakan teknik DSS, hasil simulasi cakupan radio frekuensi 5G dengan parameter pengujian SS-RSRP diperoleh rata-rata sebesar -91,25 dBm. Sedangkan, hasil simulasi kualitas 5G dengan parameter pengujian SS-SINR diperoleh rata-rata sebesar 12,99 dB. Sementara itu, hasil simulasi kecepatan akses jaringan dengan parameter pengujian datarate mencapai rata-rata 90,24 Mbps.

Kata kunci— SA, 5G NR, LOS, NLOS, UMa

I. PENDAHULUAN

Tahapan perencanaan jaringan merupakan hal penting untuk dapat memaksimalkan kualitas layanan dan meningkatkan kapasitas jaringan yang ada. Sebagai daerah penyangga Jakarta, kota Tangerang Selatan merupakan daerah yang strategis terutama dari sisi komunikasi, perhubungan dan industri sehingga pelayanan konektivitas jaringan yang stabil diharapkan mendorong kemajuan daerah ini [3]. Teknologi 5G mempunyai fitur teknologi Dynamic Spektrum Sharing (DSS) yang mana berguna untuk teknologi LTE dan NR menggunakan carrier frekuensi yang sama.

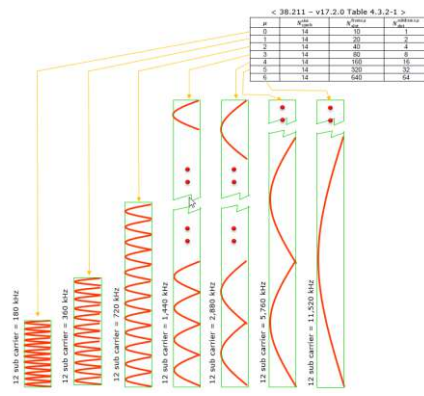
Sebelumnya, pada teknologi LTE telah dimunculkan fitur carrier aggregation yang mana merupakan salah satu teknologi penunjang untuk pemaksimalan kapasitas bandwidth dan spektrum frekuensi juga [2]. Solusi perkembangan jaringan 5G NR dengan teknik DSS akan mempermudah operator dalam penggelaran teknologi 5G tanpa mengganggu jaringan existingnya yang diprediksi dapat mendukung berbagai aktifitas layanan seperti *enhanced Mobile Broadband* (eMBB), *Ultra-Reliable and Low Latency Communication* (URLLC), dan *massive Machine Type Communication* (mMTC) dengan ini diharapkan dengan adanya teknologi 5G akan munculnya berbagai layanan yang *massive* seperti *Internet of Things* (IoT), *Video Streaming* serta layanan yang membutuhkan konsumsi data yang besar [4].

Pada Tugas Akhir ini dilakukan simulasi perancangan 5G NR di area Tangerang Selatan. Dengan melakukan simulasi terhadap kondisi site existing. Simulasi dilakukan pada frekuensi kerja 1800 MHz dengan bandwidth 20 MHz serta frekuensi 900 MHz dengan bandwidth 5 MHz. Pada simulasi yang dilakukan, terdapat beberapa parameter yang dianalisis, diantaranya SS-RSRP, SS-SINR, dan *data rate*.

II. KAJIAN TEORI

A. 5th Generation (5G)

5G merupakan sistem pengembangan dari IMT-Advanced yang mematuhi persyaratan ITU IMT-2020 yang baru. Banyak operator memperbaharui pita frekuensi 2G dan 3G menjadi 4G dan 5G untuk mengoptimalkan penggunaan spektrum. Dalam fase transisi ini, lokasi base station yang sudah ada dan mungkin bagian dari peralatannya dapat digunakan kembali, termasuk catu daya dan transport backbone jaringannya. Mode eMBB 5G dapat diasumsikan untuk menangani kecepatan data *Downlink* (DL) sekitar 10–20 Gb/detik. 3GPP TS 22.261 menyajikan persyaratan layanan untuk layanan dan pasar baru generasi berikutnya untuk Rilis 15, 16, dan 17. Dokumen yang dirilis pada Juli 2020, V17.3.0 (2020–2007), menjelaskan persyaratan layanan dan operasional untuk sistem 5G [8].

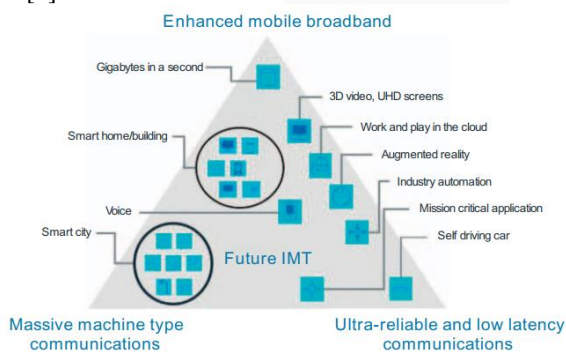


GAMBAR 2. 1
Numerologi teknologi 5G domain frekuensi

Numerologi mengacu pada karakteristik bentuk gelombang fisik pada subcarrier spacing (SCS) dengan durasi domain waktu yang sesuai. Dengan numerologi ini memberikan dasar untuk sifat 5G NR yang fleksibel dan adaptif yang memungkinkan untuk mendukung berbagai kasus penggunaan dan skenario penerapan. Dalam 5G NR, subcarrier spacing dapat bervariasi dari 15 kHz hingga 960 kHz sesuai dengan standarisasi 3GPP release 17 [6].

B. 5G Use Case

Penelitian tentang komunikasi seluler generasi kelima (5G) dimulai sekitar tahun 2012. 5G juga sering didiskusikan dalam konteks yang jauh lebih luas, tidak hanya mengacu pada teknologi akses radio terbaru yang akan diimplementasikan, terlebih juga perihal layanan baru yang diharapkan dapat diaktifkan oleh komunikasi seluler di masa depan [7].

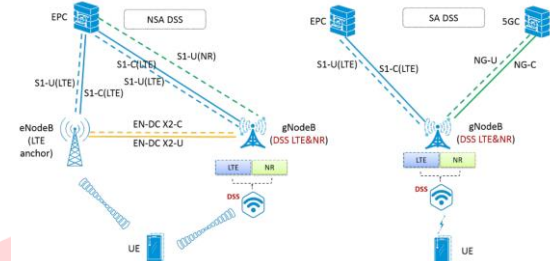


GAMBAR 2. 2
5G Use case

1. *Enhanced Mobile Broadband (eMBB)*, melanjutkan evolusi peningkatan kecepatan akses data untuk mendukung kebutuhan langsung dari layanan mobile broadband saat ini, memungkinkan *volume data* yang lebih besar dan pengalaman pengguna yang lebih ditingkatkan.
2. *Massive Machine Type Communication (mMTC)*, untuk layanan yang dikarakteristikan dengan sejumlah besar perangkat, misalnya, sensor jarak jauh, aktuator, dan pemantauan berbagai peralatan. Persyaratan utama untuk layanan tersebut mencakup biaya perangkat yang sangat rendah dan konsumsi energi perangkat yang sangat rendah, yang memungkinkan masa pakai baterai perangkat yang sangat lama.

3. *Ultra-Reliable Low Latency Communication (URLLC)*, untuk layanan yang membutuhkan latensi yang sangat rendah dan keandalan yang sangat tinggi, kemampuan *throughput* yang tinggi serta tingkat *availability* yang tinggi.

C. Arsitektur Jaringan 5G



GAMBAR 2. 3
Perbandingan Arsitektur Jaringan 5G

1. Non-Stand Alone (NSA)

Sel radio NR digabungkan dengan sel radio LTE menggunakan dual connectivity untuk menyediakan akses radio dan inti jaringan dapat berupa Evolved Packet Core (EPC) atau 5G Core (5GC) tergantung pada pilihan operator. Pada skenario ini mungkin dipilih operator yang ingin memanfaatkan yang ada penyebaran 4G, dengan menggabungkan LTE dan radio New Radio (NR) sumber daya dengan menggunakan EPC atau yang baru 5GC untuk memberikan layanan seluler 5G.

2. Stand Alone (SA)

Arsitektur jaringan Stand Alone akan memiliki antarmuka udara 5G baru disebut New Radio (NR) dan 5G Core (5GC) yang berada di tempat. Sebuah jaringan 5G Stand Alone menyediakan pengalaman 5G end to end, jaringan Stand Alone masih akan beroperasi dengan yang ada pada jaringan 4G LTE untuk memberikan layanan berkelanjutan antara dua generasi jaringan [4].

D. Dynamic Spectrum Sharing (DSS)

Dynamic Spectrum Sharing (DSS) merupakan teknik pembagian bandwidth secara bersamaan antara 5G NR cells dengan 4G LTE cells yang disesuaikan secara otomatis, menggunakan teknik spesifik untuk menghindari collisions antara 5G NR dan LTE. Sehingga, 3GPP mengeluarkan teknik MBSFN dan Non-MBSFN untuk menghindari collisions tersebut [8].

E. Coverage Planning

Pathlink diperkirakan sesuai dengan elemen elemen seperti wilayah perencanaan, kapasitas jaringan, dan kinerja perangkat untuk mendapatkan path loss maksimum. Radius sel maksimum diperoleh sesuai dengan model propagasi radio dan *maximum allowed path loss (MAPL)*. Sehingga kemudian cakupan wilayah site diperhitungkan dan dilakukan perhitungan kebutuhan jumlah site. Adapun jumlah site dari hasil perhitungan ini hanya untuk sel ideal, beberapa site tambahan akan dibutuhkan pada kondisi sebenarnya di lapangan.

F. Capacity Planning

Suatu metode perencanaan yang mempertimbangkan kualitas dan kapasitas jaringan sehingga dari perencanaan tersebut akan dihasilkan informasi perkiraan sumber daya yang dibutuhkan untuk mendukung penawaran trafik dengan *Quality of Service* (QoS) tertentu, misalnya *throughput*, *wide range*, dan kebutuhan jaringan seluler. Selain itu, ada faktor lain yang dapat mempengaruhi desain jaringan, seperti jumlah pengguna, lalu lintas permintaan, *throughput*, dan kapasitas.

G. Parameter Radio Frekuensi

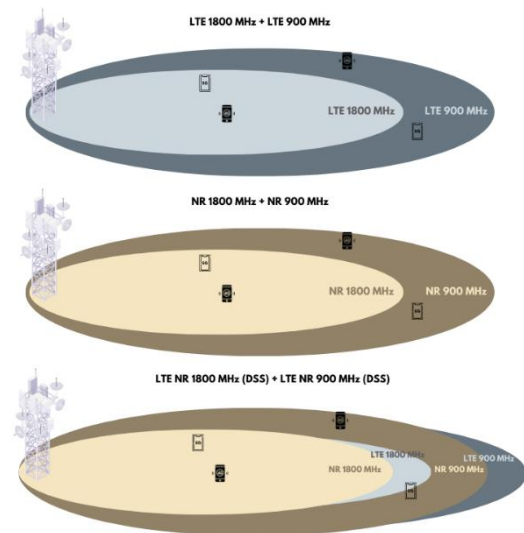
Parameter radio frekuensi yang sering digunakan untuk menganalisis kualitas layanan 5G sebagai berikut.

1. *Synchronization Signal Reference Signal Received Power* (SS-RSRP), rata-rata daya (dalam Watt) dalam waktu total yang diukur pada perangkat pengguna dari *synchronization signal* (SS) sekunder yang diberikan oleh sel pengirim.
2. *Synchronization Signal Signal to Noise and Interference Ratio* (SS-SINR), rata-rata linier atas daya kontribusi (dalam Watt) dari elemen sumber yang membawa SS sekunder dibagi dengan rata-rata linier dari noise dan interferensi daya kontribusi (dalam Watt) elemen sumber yang membawa SS sekunder dalam bandwidth frekuensi yang sama.
3. *Data rate* merupakan ukuran yang menunjukkan bit dalam data dalam proses transmisi yang dapat dikirim per satuan waktu, diukur dalam satuan bit per detik.

III. METODE

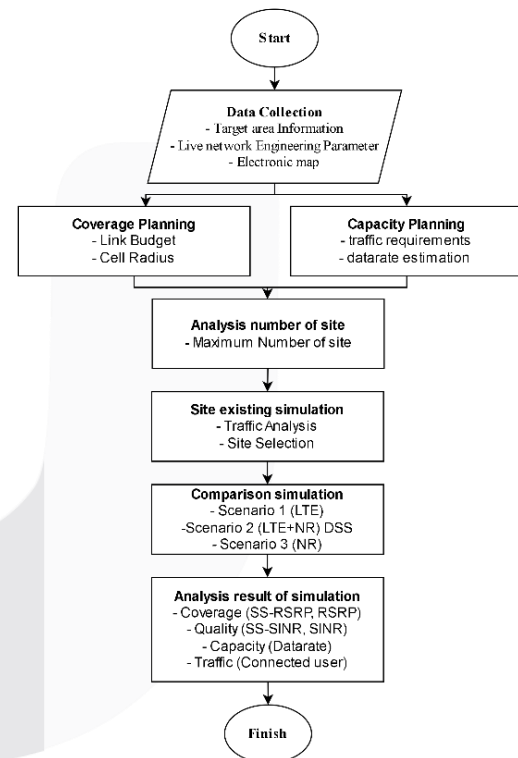
A. Model Perancangan Sistem

Pada Tugas Akhir ini dilakukan perencanaan jaringan 5G *New Radio* dengan menggunakan teknik DSS. Skema simulasi yang dilakukan menggunakan 2 *carrier* LTE *existing* yaitu Band 3 (1800 MHz) dengan *bandwidth* 20 MHz dan Band 8 (900 MHz) dengan *bandwidth* 5 MHz. Pada simulasi *site existing* yang bertindak sebagai *primary carrier component* (PCC) adalah Band 3. Sementara itu, pada simulasi 5G NR ini, LTE dan NR akan bertindak sebagai *Primary Cell*. Teknik DSS ini dilakukan ketika 5G NR dan 4G LTE menggunakan frekuensi yang sama dengan alokasi *resource* nya masing-masing. Skenario pengujian dengan membandingkan simulasi radio LTE *existing* dengan simulasi 5G NR *standalone* menggunakan teknik DSS dan Non-DSS. Tujuan dari perencanaan untuk mengetahui estimasi kebutuhan jumlah gNodeB yang dibutuhkan di area Tangerang Selatan. Perencanaan yang dilakukan dengan perhitungan *capacity planning* dan *coverage planning*.



GAMBAR 3.1
Perbandingan simulasi

B. Diagram Alir Penelitian



GAMBAR 3.2
Diagram alir perancangan 5G NR.

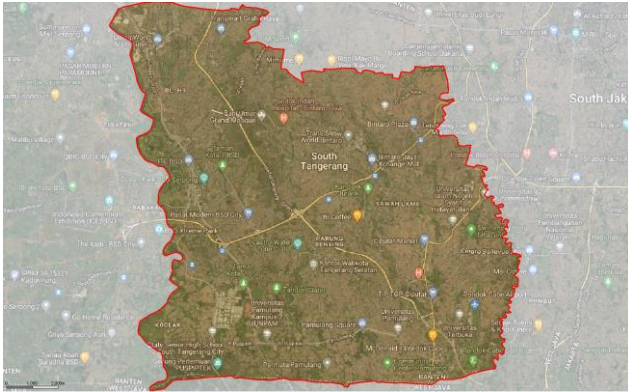
C. Software Atoll

Atoll adalah *software* platform desain dan pengoptimalan jaringan nirkabel multi-teknologi yang mendukung operator di seluruh siklus hidup jaringannya, mulai dari desain awal hingga densifikasi dan pengoptimalan. Atoll menawarkan kemampuan unik untuk menggunakan prediksi dan data jaringan langsung selama proses perencanaan dan pengoptimalan jaringan. Atoll mencakup kemampuan desain multi-RAT RAN canggih untuk teknologi akses radio 2G, 3G, 4G, dan 5G. Ini mendukung kemajuan teknologi terbaru termasuk teknologi massive MIMO, beamforming 3D, dan propagasi mmWave untuk desain dan peluncuran jaringan 5G. Atoll memberi operator dan vendor kerangka kerja yang kuat dan unik

untuk merancang dan mengoptimalkan jaringan akses radio *indoor* atau *outdoor*.

D. Wilayah Penelitian

Tangerang Selatan terletak di bagian timur Provinsi Banten yaitu pada titik koordinat 106°38' - 106°47' Bujur Timur dan 06°13'30' - 06°22'30' Lintang Selatan. Wilayah Kota Tangerang Selatan diantaranya dilintasi oleh Kali Angke, Kali Pesanggrahan dan Sungai Cisadane sebagai batas administrasi kota di sebelah barat. Letak geografis Tangerang Selatan yang berbatasan dengan Provinsi DKI Jakarta pada sebelah utara dan timur memberikan peluang pada Kota Tangerang Selatan sebagai salah satu daerah penyangga provinsi DKI Jakarta. Selain itu, Tangerang Selatan juga menjadi salah satu daerah yang menghubungkan Provinsi Banten, Provinsi Jawa Barat, dan DKI Jakarta.



Gambar 3.3

Ruang lingkup wilayah penelitian di Kota Tangerang Selatan.

E. Perhitungan Coverage Planning

Perhitungan berdasarkan cakupan area mempertimbangkan luas wilayah yang telah ditentukan dalam perencanaan dan juga mempertimbangkan loss yang terjadi di antara perangkat gNodeB dan perangkat *User Terminal (UT)*.

1. Link Budget

Nilai *Maximum Allowable Path Loss (MAPL)* yang diterima pada antenna baik downlink maupun uplink dapat dihitung dengan menggunakan Link Budget. Menentukan rentang frekuensi yang digunakan dalam desain adalah langkah pertama dalam menghitung link budget. Spesifikasi parameter untuk rentang frekuensi biasanya berbeda.

TABEL 3.1

Spesifikasi parameter *downlink* untuk perhitungan *link budget*.

Link Budget (Downlink)			
Transmitter, gNB	Variabel	Value	Formulas
Transmitter power (W)	P_{TX}	50.11	a
Transmitter power (dBm)	P_{TX}	47.00	$b = 10 \times \log_{10}(1000 \times a / 1)$
Number of PRB (PRB)	PRB	106.00	$PRB = Bw - (2 \times GB) / ScS \times 12$
Subscriber Quantity (I)	Sc	1272	$Sc = PRB \times 12$
Cable and connector loss (dB)	L_c	1.50	c
Antenna gain (dBi)	G_{TX}	17.00	d
Transmit power per Subcarrier (dBm)	P_{URP}	31.46	$e = b - 10 \times \log_{10}(Sc) - c + d$
Receiver, UE			
Penetration Loss (dB)	P_L	0.00	f
Foliage Loss (dB)	F_L	0.00	g
Body Block Loss (dB)	L_b	0.00	h
Interference margin (dB)	I	0.00	i
Typical Rain Margin (dB)	MR	0.00	j
Slow Fading Margin (dB)	F_s	6.00	k
Antenna gain (dBi)	G_{RX}	0.00	l
Temperature (K)	T	294.00	m
Bandwidth (MHz)	f_{bw}	20.00	n
Thermal Noise Power (dBm)	N_T	-100.91	$o = 10 \times \log_{10}(Kb \times m \times n / 1mw)$
Noise figure (dB)	N_f	6.00	p
SINR (dB)	$S/(I+N)$	10.00	q
Receiver Sensitivity (dBm)		-84.91	$r = o + p + q$
Path Loss (dB)		110.36	$s = e - f - g - h - i - j - k - l - r$

2. Model Propagasi Urban Macro (UMa)

Perhitungan jumlah gNodeB yang ada di Kota Tangerang Selatan dalam perencanaan jaringan 5G NR dilakukan dengan menggunakan model propagasi 3GPP 38.901 untuk frekuensi 1800 MHz. Menggunakan skenario Urban Macro dengan skenario *Outdoor-to-Outdoor* untuk downlink dan uplink dengan propagasi *Line of Sight (LOS)*.

TABEL 3.2

Daftar parameter pada skenario perancangan model propagasi UMa.

Propagasi Urban Macro (UMa)		
Parameter	Variabel	Value
Carrier Frequency (GHz)	f_{CC}	1.8163
The Effective Environment Height (m)	h_E	1
Antenna Heights Base Station (m)	h_{BS}	25
Antenna Heights User Terminal (m)	h_{UT}	1.5
The Effective Antenna Heights Base Station (m)	h'_{BS}	24
The Effective Antenna Heights User Terminal (m)	h'_{UT}	0.5
Breakpoint Distance (m)	d'_{BP}	290.61
The Average of Building Height (m)	h_{AvB}	20
The Average of Street Width (m)	W_S	10

TABEL 3.3

Hasil perhitungan parameter d_{3D} dan d_{2D} untuk model propagasi UMa.

Propagasi UMa (LOS)			
Parameter	Variabel	Downlink	Uplink
Spatial distance (m)	d_{3D}	1092.8099	299.2572088
Cell Radius (m)	d_{2D}	1092.557197	298.3330806

TABEL 3.4

Hasil perhitungan estimasi jumlah site

Site Estimation		
Parameter	Downlink	Uplink
Cell Radius (m)	1092.557197	298.3330806
Site Coverage (m2)	2315741.583	172665.0964
Area Planning (m2)	164610000	
Number of Sites (site)	72	954
Inter Site Distance (m)	1638.835795	447.499621

F. Perhitungan Capacity Planning

Perencanaan kapasitas dilakukan untuk mendapatkan prakiraan jumlah kebutuhan gNodeB pada suatu area yang akan dilakukan perencanaan jaringan 5G NR berdasarkan jumlah pelanggan dan tingkat kebutuhan pengguna layanan trafik.

1. Proyeksi Pengguna

Proyeksi jumlah pengguna dalam pertumbuhan jaringan 5G diawali dengan mengetahui nilai awal proyeksi pasar ke depan. Perhitungan proyeksi jumlah pengguna menggunakan metode model *Bass*. Perhitungan proyeksi jumlah pengguna pada penelitian ini menggunakan rentan waktu enam tahun untuk pemodelan yaitu pada tahun 2022 sampai dengan tahun 2027.

TABEL 3.5

Proyeksi pengguna teknologi 5G di Kota Tangerang Selatan.

Forecasting User	
Parameter	Value
Population (2022) (Jiwa)	1354350
Population (2023) (Jiwa)	1396572
Population (2024) (Jiwa)	1452818
Population (2025) (Jiwa)	1525673
Population (2026) (Jiwa)	1616682
Population (2027) (Jiwa)	1725360
Innovation Coefficient	0.0267
Imitation Coefficient	0.3356
Area (km2)	164.61
Market Share (XL) (%)	0.13
Smartphone Penetration (%)	0.28
User Density (Users/km2)	382

2. Proyeksi Kebutuhan *Traffic*

Proyeksi kebutuhan trafik dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kepadatan penduduk, pangsa pasar, penetrasi smartphone, dan permintaan rata-rata per bulan. Penelitian ini menggunakan pasar dari operator seluler di Indonesia, PT. XL, dengan pendekatan nilai sebesar 13% dan penetrasi smartphone sebesar (28%).

TABEL 3.6
Proyeksi kebutuhan *traffic* PT. XL di Kota Tangerang Selatan.

Traffic Demands	
Parameter	Value
User Density (Users/km ²)	382
Number of days in a month (day)	30
Average data demand per month (Gb)	35
Active User in Busy Hour (%)	20
Projected Traffic Needs (Gbps/km ²)	0.530962963
Projected Traffic Needs (Mbps/km ²)	530.962963

3. Proyeksi *Data Rate*

Perhitungan kecepatan data 5G NR downlink (DL) dan uplink (UL) dilakukan berdasarkan standar 3GPP TS. 38.306. Untuk menghasilkan kecepatan data yang memenuhi kebutuhan kapabilitas 5G, diperlukan pertimbangan parameter penting seperti *bandwidth*, kerentanan frekuensi, dan jenis modulasi.

TABEL 3.7
Proyeksi data rate downlink

Projected Datarate (Downlink)			
Parameter	Modulation	Target Code Rate R x 1024	Datarate (Mbps)
Symbol MCS			
0	QPSK	120	28
1	QPSK	193	44
2	QPSK	308	70
3	QPSK	449	102
4	QPSK	602	136
5	16 QAM	378	170
6	16 QAM	434	196
7	16 QAM	490	220
8	16 QAM	553	250
9	16 QAM	616	278
10	16 QAM	658	296
11	64 QAM	466	314
12	64 QAM	517	350
13	64 QAM	567	384
14	64 QAM	616	416
15	64 QAM	666	450
16	64 QAM	719	486
17	64 QAM	772	552
18	64 QAM	822	556
19	64 QAM	873	590
20	256 QAM	682.5	614
21	256 QAM	711	640
22	256 QAM	754	680
23	256 QAM	797	718
24	256 QAM	841	758
25	256 QAM	885	798
26	256 QAM	916.5	826
27	256 QAM	948	854
Average of Datarate			420.5714286

G. Perhitungan Jumlah *Site*

Ada faktor lain yang mempengaruhi kapasitas sistem, seperti penggunaan site, spektrum frekuensi, sektorisasi yang digunakan. Frekuensi yang digunakan adalah 1,8 GHz dengan *bandwidth* 20

MHz. Modulasi yang digunakan untuk *uplink* yaitu 64 QAM (2 Multiple layer) dan *Downlink* (4 Multiple layer) yaitu 256 QAM. Sehingga, berdasarkan kebutuhan *capacity planning*, Kota Tangerang Selatan membutuhkan sebesar 70 site.

TABEL 3.8
Proyeksi jumlah *site* untuk beberapa parameter yang digunakan.

Site Estimation		
Parameter	Value	
	Downlink	Uplink
Average of Datarate (Mbps)	420.5714286	448.5357143
Environment	Outdoor (O2O)	
Number of Cell (Cell)	3	
Bandwidht (MHz)	25	
Spectral Efficiency (bps/Hz)	16.82285714	17.94142857
Total Required Capacity (Gbps)	87.40181333	
Number of Site (Site)	70	65

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perbandingan *capacity planning* dan *coverage planning* kemudian di simulasikan pada *software* Atoll 3.4.0. Skenario simulasi dilakukan pada 3 perbandingan yaitu teknologi LTE, teknologi NR serta teknologi LTE dan NR menggunakan teknik DSS. Parameter yang dibandingkan adalah SS-RSRP sebagai parameter yang menunjukkan *reference power* dari luas cakupannya, SS-SINR sebagai parameter yang menunjukkan kualitas radio frekuensinya serta parameter Datarate untuk prediksi kecepatan data untuk *user experiencenya*.

A. Skenario Simulasi

perencanaan jaringan LTE dan NR dengan menerapkan tiga skenario dalam simulasi. Ketiga skenario tersebut antara lain:

1. Simulasi teknologi LTE

Digunkaan sebagai simulasi pembanding pada kondisi jaringan *site existingnya*.

2. Simulasi teknologi NR

Digunakan sebagai simulasi pembanding tanpa adanya *spektrum sharing* LTE.

3. Simulasi teknologi LTE dan NR menggunakan Teknik DSS

Digunakan sebagai simulasi pembanding apabila diterapkannya Teknik DSS.

B. Hasil pengujian parameter SS-RSRP

TABEL 4.1
Distribusi kategori parameter SS-RSRP.

PARAMETER SS-RSRP (dBm)	SKENARIO 2 (%)	SKENARIO 3 (%)	Kategori
-85 ≤ SS-RSRP < -40	28.89	29.68	Excellent
-90 ≤ SS-RSRP < -85	12.56	12.86	Good
-100 ≤ SS-RSRP < -90	27.57	28.21	Normal
-110 ≤ SS-RSRP < -100	23.95	24.38	Fair
-115 ≤ SS-RSRP < -110	5.8	4.6	Bad
-140 ≤ SS-RSRP < -115	1.22	0.28	Very Bad

TABEL 4.2
Perbandingan hasil simulasi parameter SS-RSRP.

SKENARIO	SS-RSRP (dBm)
SKENARIO 2	-91.78
SKENARIO 3	-91.25

Berdasarkan kedua tabel diatas, skenario yang mempunyai teknologi 5G pada sitenya adalah skenario 2 dan skenario 3. Perbedaan diantaranya tidak terlalu signifikan. Secara sebaran distribusi parameter SS-RSRP nya, kedua skenario telah memiliki

lebih dari 90% daerah simulasi yang termasuk dalam kategori radio frekuensi yang baik. Sedangkan, Secara rata-rata parameter nilainya, cakupan radio frekuensi teknologi LTE dan NR dengan menggunakan teknik DSS yang bernilai -91,25 dBm yang memiliki cakupan yang sedikit lebih baik dibandingkan dengan cakupan teknologi NR saja yang bernilai -91,78 dBm. Berdasarkan kategori nilai KPI parameterinya, nilai rata-rata parameter SS-RSRP dari kedua simulasi tersebut sudah termasuk dalam kategori yang cukup baik dalam standar parameter RF 5G. Penerapan teknik DSS pada teknologi 5G tidak akan terlalu mempengaruhi cakupan radio frekuensinya meskipun adanya spectrum sharing pada frekuensi yang dialokasikan dikarenakan *Synchronization Signal Block* yang berfungsi sebagai signalling tetap dialokasikan dengan jumlah *Resource Element* yang sama.

C. Hasil pengujian parameter SS-SINR

TABEL 4.3
Distribusi kategori parameter SS-SINR.

PARAMETER SS-SINR (dB)	SKENARIO 2 (%)	SKENARIO 3 (%)	Kategori
$20 \leq \text{SS-SINR} < 40$	17.88	19.78	Excellent
$10 \leq \text{SS-SINR} < 20$	65.04	43.7	Good
$3 \leq \text{SS-SINR} < 10$	17.07	23.22	Normal
$0 \leq \text{SS-SINR} < 3$	0.01	6.65	Fair
$-5 \leq \text{SS-SINR} < 0$	0	6.37	Bad
$-40 \leq \text{SS-SINR} < -5$	0	0.28	Very Bad

TABEL 4.4
Perbandingan hasil simulasi parameter SS-SINR.

SKENARIO	SS-SINR (dB)
SKENARIO 2	15.17
SKENARIO 3	12.99

Berdasarkan hasil simulasi skenario 2 dan skenario 3 dapat diamati bahwa kualitas radio antara teknologi NR saja dan teknologi NR yang mempunyai teknik DSS memiliki perbedaan kualitas. Secara sebaran distribusi SS-SINR nya, skenario 2 memiliki sebaran SS-SINR yang lebih baik dibandingkan dengan skenario 3 yang memiliki teknologi LTE dan NR dengan menggunakan Teknik DSS. Adanya penurunan kualitas radio frekuensi pada teknologi NR dengan teknik DSS diakibatkan oleh adanya pembagian alokasi resource untuk teknologi LTE dan NR, yang mana resource block NR terbagi untuk alokasi resource untuk pasangan teknologi LTE-nya yang akan termasuk dalam LTE *overhead*-nya. Dikarenakan masing-masing teknologi antara teknologi LTE dan NR harus mempunyai alokasi *resource* masing-masing untuk control channel setiap teknologi dan tidak boleh pada kanal OFDM yang sama. Sehingga dengan adanya LTE *overhead* itu menurunkan *signal carrier* pada parameter SS-SINR. Sedangkan, Pada teknologi NR saja alokasi *resource block* akan sepenuhnya terpakai untuk *control channel* dan *data channel* teknologi NR. Disamping adanya LTE *overhead*, pengaruh interferensi antara CRS LTE dengan control channel PDCCH NR akan menurunkan nilai kualitas dari parameter SS-SINR.

D. Hasil pengujian parameter Datarate

TABEL 4.5
Distribusi kategori parameter SS-SINR.

PARAMETER Datarate (Kbps)	SKENARIO 1 (%)	SKENARIO 2 (%)	SKENARIO 3 (%)
$100000 \leq \text{Datarate}$	7.01	36.54	25.84
$75000 \leq \text{Datarate} < 100000$	14.96	23.05	27.12
$40000 \leq \text{Datarate} < 75000$	17.33	31.34	44.01
$25000 \leq \text{Datarate} < 40000$	29.84	5.65	2.51
$10000 \leq \text{Datarate} < 25000$	30.86	3.42	0.51
$0 \leq \text{Datarate} < 10000$	0	0	0.01

TABEL 4.6
Perbandingan hasil simulasi parameter *data rate*.

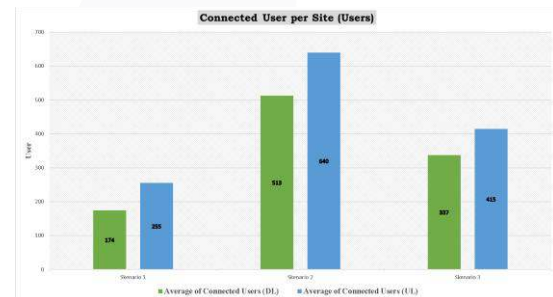
SKENARIO	DATA RATE (Mbps)
SKENARIO 1	45.23
SKENARIO 2	102.16
SKENARIO 3	90.24

Tabel distribusi *data rate* dan tabel rata-rata *data rate* diatas, merupakan tabel perbandingan kecepatan akses data dengan teknologi yang tersedia untuk setiap skenarionya. Secara sebaran distribusi *dataratenya*, dapat diamati pada setiap scenario persentase distribusi terbanyaknya berbeda-beda. Secara nilai rata-ratanya, kecepatan akses tertinggi terdapat pada scenario 2 yang mencapai 102,16 Mbps dengan mensimulasikan teknologi NR saja dan kecepatan akses terendah terdapat pada scenario 1 yang hanya mencapai 45,23 Mbps dengan mensimulasikan teknologi LTE saja. Dengan adanya penerapan teknik DSS pada teknologi 5G akan meningkatkan *Data rate* dibandingkan dengan teknologi LTE saja karena akan adanya *resource sharing* untuk digunakan pada teknologi 5G-nya. Adanya penurunan datarate 5G NR dengan teknik DSS dikarenakan sebagian alokasi *resourcenya* pun terbagi berdasarkan *traffic demand* untuk dialokasikan pada user LTE, sehingga alokasi *resource block* teknik DSS untuk *data channel* LTE dan NR lebih sedikit dibandingkan dengan alokasi *resource block* untuk *data channel* yang dimiliki teknologi NR saja.

E. Hasil pengujian parameter Connected User

TABEL 4.7
Perbandingan hasil simulasi parameter *connected users*.

SKENARIO	CONNECTED USER (%)
SKENARIO 1	25.80%
SKENARIO 2	67.60%
SKENARIO 3	49.40



GAMBAR 4.1

Perbandingan nilai rata-rata parameter *connected user* dari hasil simulasi untuk setiap skenario.

Berdasarkan grafik diatas, pada setiap scenario untuk rata-rata *connected user per site* tidak ada yang melebihi kemampuan kapasitas sitenya yang berjumlah 899 user baik dari sisi *downlink* ataupun *uplink*. Sementara itu, untuk nilai maksimum jumlah user terkoneksi terdapat pada scenario 2 dengan mensimulasikan teknologi NR saja. Hal disebabkan karena kemampuan kapabilitas *throughput* UE dapat memenuhi syarat *minimum throughput* layanan agar dapat terlayani. Sedangkan pada DSS ini masing-masing LTE dan NR melayani dengan *cell* layanan yang berbeda tetapi alokasi spectrum yang digunakan tetap sama yang saling terkoordinasi antar *cell* teknologi NR dan LTE-nya. Selanjutnya, untuk teknologi 5G dengan adanya teknik DSS tingkat *connected usernya* dapat mencapai 49,40% adanya penurunan tingkat *connected user* dibandingkan dengan scenario 2 dikarenakan adanya *sharing resource* dengan teknologi 4G yang mana pada teknik DSS ini akan adanya kombinasi alokasi *resource block* agar LTE dan NR *control channel*-nya berada pada slot OFDM yang berbeda untuk menghindari interferensi yang mengakibatkan alokasi resource yang seharusnya digunakan untuk *data channel* PDSCH tidak dapat maksimal terpakai pada setiap teknologinya.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan analisis hasil simulasi yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan teknik DSS (*Dynamic Spectrum Sharing*) bertujuan untuk mengefisienkan alokasi frekuensi LTE dan NR secara dinamis berdasarkan permintaan *traffic*nya. sehingga dalam implementasinya, teknologi NR dapat menggunakan perangkat *existing* serta alokasi resource frekuensi yang sama.
2. Berdasarkan hasil simulasi terhadap uji parameter SS-RSRP untuk teknologi 5G NR, dengan adanya penggunaan teknik DSS tidak terlalu mempengaruhi luas cakupan layanannya. Dikarenakan konfigurasi *power*, *gain*, *numerologi* 5G, UE 5G serta alokasi lebar *bandwidth* yang digunakan tetap sama.
3. Berdasarkan hasil simulasi terhadap uji parameter SS-SINR untuk teknologi 5G, dengan adanya penggunaan teknik DSS akan menurunkan kualitas sinyal dari masing-masing teknologi LTE dan NR. Hal ini dikarenakan karena adanya *LTE overhead* yang mengharuskan adanya kombinasi alokasi *channel* pada *resource block* untuk dapat menghindari interferensi pada masing-masing *control channel* setiap teknologinya. Akibatnya, *resource signal carrier* yang ditransmisikan berkurang karena adanya *resource* untuk *LTE overhead*.
4. Teknologi NR saja memiliki tingkat kecepatan akses datarate yang paling tinggi dengan nilai rata-rata 102,16 Mbps, sedangkan untuk nilai datarate teknik DSS bernilai rata-rata 90,24 Mbps, sementara itu untuk nilai *data rate* teknologi LTE saja bernilai rata-rata 45,23 Mbps. Perbedaan ini dikarenakan pada teknologi NR telah digunakan teknologi MIMO 4x4 serta mendukung modulasi yang lebih tinggi dibandingkan teknologi LTE. Sementara itu, untuk teknik DSS alokasi spektrum frekuensinya tidak sepenuhnya dialokasikan untuk NR sehingga *resource* yang digunakan akan terbagi ke teknologi LTE juga.

REFERENSI

- [1] G. Barb, F. Alexa, and M. Ottesteanu, "Dynamic spectrum sharing for future lte-nr networks," *Sensors*, vol. 21, no. 12, Jun. 2021, doi: 10.3390/s21124215.
- [2] Tim Peneliti Puslitbang SDPPI, Studi Lanjutan 5G Indonesia 2018 Spektrum Outlook dan Use Case untuk Layanan 5G Indonesia. 2018. [Online]. Available: <http://balitbangsdm.kominfo.go.id>
- [3] LP2IP UPI, "Laporan Akhir Penyusunan Kajian Teknis Cell Planning Menara Telekomunikasi di Kota Tangerang Selatan," 2018.
- [4] F. Launay, "NG-RAN and 5G-NR," 2021.
- [5] M. Enescu, 5G new radio : a beam-based air interface. 2020.
- [6] J. Ryu, "5G/NR - Frame Structure," https://www.sharetechnote.com/html/5G/5G_FrameStructure.html.
- [7] E. Dahlman, S. Parkvall, and J. Sköld, "5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology," 2018.
- [8] J. T. J. Penttinen, 5G explained : security and deployment of advanced mobile communications. 2019.
- [9] Forsk, "5G Dynamic Spectrum Sharing (DSS)," 3.4.1, 2021. [Online]. Available: www.forsk.com
- [10] ZTE CORPORATION, "5G NR NSA DSS Provisioning and Configuration Guide," 2021. [Online]. Available: <http://support.zte.com.cn>
- [11] Samsung, "Technical White Paper Dynamic Spectrum Sharing," Jan. 2021.
- [12] L. Huawei Technologies Co., "5G Wireless Network Coverage and Capacity Estimation."
- [13] S. Mingyang, W. Zhen, and Y. Yong, "5G RAN2.0 Network Planning Guide," Feb. 2018.
- [14] L. Huawei Technologies Co., "5G RAN V100R015C10 - Capacity Management Guide Issue," Shenzhen, 2018. [Online]. Available: <http://www.huawei.com>
- [15] P. Rahmawati, "FEASIBILITY STUDY OF 5G MOBILE DEPLOYMENT IN URBAN AREA BY USING TECHNO-ECONOMIC ASSESSMENT FOR EXISTING OPERATOR SCENARIO (A CASE OF TELKOMSEL IN BANDUNG CITY)," 2022.
- [16] L. Moutinho and M. Sokele, "Bass model with explanatory parameters," in *Innovative Research Methodologies in Management: Volume I: Philosophy, Measurement and Modelling*, Springer International Publishing, 2017, pp. 145–164. doi: 10.1007/978-3-319-64394-6_7.
- [17] A. Jha and D. Saha, "Association for Information Systems AIS Electronic Library (AISeL) DIFFUSION AND FORECAST OF MOBILE SERVICE GENERATIONS IN GERMANY, UK, FRANCE AND ITALY-A COMPARATIVE ANALYSIS BASED ON BASS, GOMPertz AND SIMPLE LOGISTIC GROWTH MODELS," 2018. [Online]. Available: https://aisel.aisnet.org/ecis2018_rp/17
- [18] E. Oughton, Z. Frias, T. Russell, D. Sicker, and D. D. Cleevly, "Towards 5G: Scenario-based assessment of the future supply and demand for mobile telecommunications infrastructure," *Technol Forecast Soc Change*, vol. 133, pp. 141–155, Aug. 2018, doi: 10.1016/j.techfore.2018.03.016