

Perencanaan Jaringan *Private* 5G NR Pada *Smart Port* Untuk Kawasan Industri Petikemas, Pelindo Surabaya

1st Hanung Ghinangga Prihaji Putri

Teknik Telekomunikasi
Universitas Telkom
Surabaya, Indonesia

hanungghinangga@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Fannush Shofi Akbar

Teknik Telekomunikasi
Universitas Telkom
Surabaya, Indonesia

fannushakbar@telkomuniversity.ac.id

3rd Arrizky Ayu Faradila Purnama

Teknik Telekomunikasi
Universitas Telkom
Surabaya, Indonesia

kyafara@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — sebagai negara maritim, Indonesia memiliki peran penting bagi perekonomian negara. Namun, dengan meningkatnya volume perdagangan menimbulkan tantangan dan efisiensi operasional pelabuhan. Untuk mengatasi hal tersebut, diterapkan konsep *Smart Port* (Pelabuhan Pintar) dengan mendukung teknologi 5G yang menawarkan kecepatan tinggi dan latensi rendah. Penelitian ini merancang jaringan *private* 5G di Kawasan Industri Petikemas, Pelindo Surabaya dengan menggunakan model propagasi *Urban Micro* (UMI), frekuensi 26 GHz dan bandwidth 200 MHz, dengan simulasi melalui software Atoll. Pada penelitian ini menggunakan *Outdoor to Outdoor* (O2O) dari *downlink* dan skenario *Line of Sight* (LOS) pada perencanaan *coverage* dan *capacity* menghasilkan total 2 *site* gNodeB dengan nilai *Synchronization Signal-Reference Signal Received Power* (SS-RSRP) sebesar -90,11 dBm dalam kategori Sangat Baik, dan nilai *Synchronization Signal-Signal Interference Noise Ratio* (SS-SINR) sebesar 25,43 dB dalam kategori Sangat Baik menurut *Key Performance Indicator* (KPI). Pada *Troughput* nilai yang dihasilkan adalah 94.748 Kbps atau (92 Mbps) dan termasuk dalam kategori Baik menurut *Key Performance Indicator* (KPI).

Kata kunci— Jaringan *Private* 5G, *Smart Port*, *Coverage*, *Capacity*, *Atoll*

I. PENDAHULUAN

Pelabuhan merupakan salah satu sarana transportasi yang penting bagi suatu negara maritim seperti Indonesia, karena sangat menentukan keberhasilan mobilisasi barang dan penduduk. Jumlah penumpang angkutan laut dalam negeri pada Januari hingga Agustus 2023 mencapai 13,2 juta penumpang atau meningkat 11,81% dibandingkan periode yang sama pada tahun 2022. Pada Januari hingga Agustus 2023, jumlah barang yang diangkut mencapai 230,7 juta ton atau meningkat sebesar 9,78% dibandingkan periode yang sama pada tahun 2022[1].

Seiring perkembangan ekonomi dan kemajuan teknologi digital, sektor pelabuhan menghadapi berbagai tantangan. Pengembangan teknologi informasi yang seharusnya menjadi penggerak ekonomi global belum juga optimal[2]. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan inovasi melalui penerapan konsep pelabuhan pintar (*smart port*) yang mampu meningkatkan efisiensi, dan berkelanjutan untuk rantai

pasokan global. Dalam mendukung hal ini, teknologi jaringan 5G berperan sangat penting untuk memenuhi kebutuhan teknologi, meningkatkan efisiensi produksi, dan mendukung perkembangan teknologi seperti *Internet of Things* (IoT) dan kecerdasan buatan[3].

II. KAJIAN TEORI

A. 5G New Radio

5G atau *Fifth Generation* merupakan istilah generasi kelima sebagai standar telekomunikasi seluler berikutnya yang dari sisi layanan, infrastruktur, dan regulasi telah mengalami berbagai pengembangan termasuk menambahkan berbagai inovasi untuk mengoptimalkan teknologi tersebut, [4][5]. 5G menawarkan kecepatan data tinggi, latensi rendah, kapasitas besar, dan kualitas layanan tinggi. Jaringan 5G memiliki kecepatan data dari 100 Mbps hingga lebih dari 1 Gbps, dan latensi yang dimiliki jaringan 5G sangat rendah yaitu 1ms[6]. Terdapat tiga skenario penggunaan utama pada 5G, yaitu *enhanced Mobile Broadband* (eMBB), *Ultra Reliable & Low Latency Communications* (URLLC), dan *massive Machine Type Communications* (mMTC)[7].

B. Jaringan *Private* 5G

Jaringan *private* 5G adalah *Local Area Network* (LAN) yang menggunakan teknologi jaringan 5G *New Radio* (NR) untuk konektivitas nirkabel khusus di wilayah tertentu. dapat Jaringan *private* 5G dapat digunakan untuk beberapa aplikasi industri dengan kebutuhan yang berbeda. Jaringan *private* 5G juga dapat dikelola secara mandiri oleh pemiliknya, sehingga pemiliknya dapat mengontrol setiap aspek dari jaringan ini[8][9].

C. *Smart Port*

Pelabuhan pintar (*Smart Port*) adalah pelabuhan yang menangani operasional pelabuhan secara mandiri atau sudah sepenuhnya otomatis dengan memanfaatkan teknologi canggih dan baru untuk mengoptimalkan proses logistik. Jaringan sensor, perangkat nirkabel, dan pusat data (data centers) membentuk infrastruktur utama pelabuhan pintar untuk memberikan layanan dengan lebih cepat dan efisien[10].

D. Coverage Planning

Coverage planning merupakan sebuah rencana membangun jaringan di wilayah tertentu Dimana sinyal dapat diterima oleh UE atau *receiver*. Dalam perencanaan ini melibatkan beberapa proses kalkulasi dan perhitungan *link budget*. Tujuan dari *coverage planning* ini untuk menentukan jumlah *site* sesuai luas wilayah penelitian[11].

D. 1 Link Budget

Perhitungan *link budget* diperlukan untuk menghitung nilai MAPL atau nilai redaman lintasan maksimum yang diterima antara pemancar (Tx) dan penerima (Rx) pada sisi *downlink* maupun *uplink*. Perhitungan pathloss pada *link budget* 5G diperoleh dari persamaan (1), dan untuk mendapatkan nilai kuantitas sub-carrier, nilai *Therman Noise*, nilai h'_{BS} dan h'_{UT} didapatkan dari persamaan (2) sampai dengan (5).

$$P_L = G_t - 10 \log_{10} S_q + G_a - G_c - P_l - F_l - B_l \quad (1)$$

$$- I_m - R_m - S_f + A_g - N_T - N_f - D_t$$

$$S_{cq} = R_b \times S_{Rb} \quad (2)$$

$$N_T = 10 \log(K \times T \times B) \quad (3)$$

$$h'_{BS} = h_{BS} - h_{UE} \quad (4)$$

$$h'_{UT} = h_{UT} - h_{UE} \quad (5)$$

D. 2 Model Propagasi

Model propagasi UMI (*Urban Micro*) digunakan berdasarkan *link budget* untuk jaringan 5G berdasarkan 3GPP TR 38.901. Model propagasi terdapat 2 kategori kondisi yang berbeda yaitu kondisi LOS (*Line of Sight*) dan NLOS (*Non-Line of Sight*). Perhitungan pathloss pada model propagasi Umi berdasarkan 3GPP TR 38.901 untuk propagasi LOS terdapat pada persamaan (6).

$$PL_{LOS} = 32.4 + 21 \log(d_{3D}) + 20 \log(fc) \quad (6)$$

D. 3 Cell radius

Hasil dari perhitungan *pathloss* (PL) berdasarkan model propagasi *urban micro* (UMI) yang telah diperoleh d3D akan digunakan untuk menentukan radius sel (d2D) dengan menggunakan persamaan (7). d2D merupakan nilai radius sel dalam meter, dan d3D adalah hasil jarak antara hBS dan hUT dalam meter.

$$d_{2D} = \sqrt{((d_{3D})^2 - (h_{BS} - h_{UT})^2)} \quad (7)$$

D. 4 Cell Area

Hasil dari perhitungan d2D akan digunakan untuk menentukan nilai CA dengan menggunakan persamaan (8), yang dimana CA sebagai *coverage area*.

$$C_A = 2,6 \times (d_{2D})^2 \quad (8)$$

D. 5 Number of Site

Perhitungan jumlah *site* bertujuan untuk menentukan berapa banyak gNodeB yang digunakan pada area penelitian. Untuk mendapatkan jumlah gNodeB pada area penelitian menggunakan persamaan (9).

$$N_{gNodeB} = \frac{L_{Area}}{C_A} \quad (9)$$

E. Capacity Planning

Capacity planning merupakan suatu metode perencanaan yang mempertimbangkan kualitas dan kapasitas jaringan. Tujuan dari *capacity planning* yaitu untuk mengestimasi banyaknya user dalam satu sel yang dapat tercakup[12].

E. 1 Perkiraan Pertumbuhan Pengguna

Langkah pertama dalam perencanaan *capacity* adalah melakukan perkiraan jumlah pengguna di masa depan, karena jumlah pengguna bergantung pada pertumbuhan penduduk. Untuk menentukan perkiraan jumlah penduduk pada 5 tahun ke-depan dapat dihitung menggunakan persamaan (10).

$$P_n = P_o (1 + GF)^n \quad (10)$$

Pada perkiraan jumlah pelanggan ini, nilai GF yang digunakan Adalah 0,0092[13], P_n merupakan prediksi jumlah pengguna pada tahun ke-n, dan P_o merupakan jumlah pengguna saat ini.

E. 2 Perkiraan Jumlah Pengguna

Pada perhitungan jumlah pengguna ini menggunakan persamaan *Bass Model* yang bertujuan untuk mengukur jumlah unit perencanaan jaringan *private* 5G di area penelitian. Untuk mencari nilai perkiraan jumlah pengguna dapat menggunakan persamaan (11).

$$N(t) = M \frac{1 - e^{-t(p+q)}}{1 + \frac{q}{p} e^{-t(p+q)}} \quad (11)$$

E. 3 Traffic Demand

Perkiraan kebutuhan lalu lintas mengacu pada perkiraan atau prediksi volume lalu lintas yang diharapkan atau direncanakan selama periode waktu tertentu. Perhitungan *traffic demand* dilakukan untuk memperkirakan jumlah lalu lintas data yang dibutuhkan oleh pengguna dalam satu wilayah dengan nilai p didapat dari $N(t)$ per luas wilayah dengan menggunakan persamaan (12).

$$G(t) = \rho \cdot \frac{8}{N_{dh} \cdot N_{md}} \cdot \frac{1}{3600} \varphi(t) \cdot D_k \quad (12)$$

E. 4 Kalkulasi Data Rate

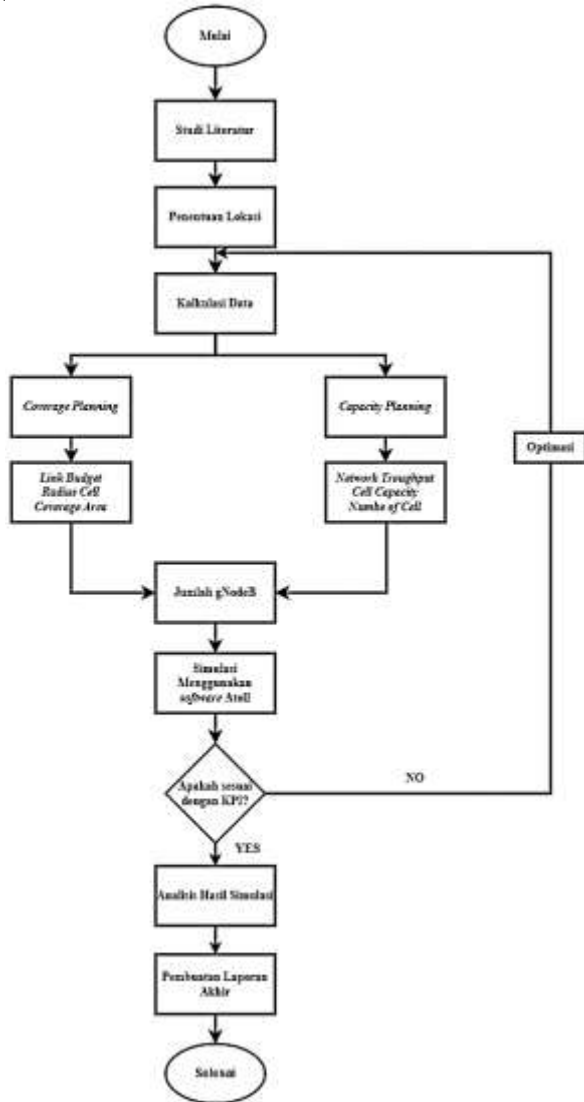
Data rate merupakan ukuran jumlah bit data dalam proses transmisi dan dihitung dalam *bit per second*. Perhitungan *data rate* yang dapat memperkirakan kecepatan data untuk sejumlah operator tertentu dapat menggunakan persamaan (13).

Data Rate

$$= 10^{-6} \sum_{j=1}^J (v_{layers}^{(j)} \cdot Q_m^{(j)} \cdot f^{(j)} \cdot R_{max} \cdot \frac{N_{PRB}^{BW(j)} \cdot \mu \cdot 12}{T_s^\mu} \cdot (1 - OH^{(j)})) \quad (13)$$

III. METODE

Penelitian ini merancang jaringan *private* 5G di kawasan industri petikemas, Pelindo Surabaya dengan menggunakan frekuensi *milimeterWave* (mmWave) pada 26 GHz dan *bandwidth* 200 MHz. Skenario yang digunakan adalah *Outdoor to Outdoor* (O2O) dari uplink & downlink dan skenario *Line of Sight* (LOS) dengan menggunakan model propagasi *Urban Micro* (UMI



GAMBAR 1
(DIAGRAM ALUR PENELITIAN)

Pada gambar 1 merupakan diagram alur penelitian yang dimana pada tahap pertama dilakukan studi literatur yaitu mempelajari makalah, jurnal, dan penelitian terkait 5G *private*. Pada tahap kedua yaitu menentukan lokasi yang akan diambil pada penelitian ini. Pada tahap ketiga kalkulasi data, yaitu melakukan perhitungan *capacity planning* dan *coverage planning*. Kemudian pada tahap keempat setelah mendapatkan hasil gNodeB, maka akan dilakukan simulasi menggunakan software Atoll dan mendapatkan hasil yang sesuai dengan KPI, apabila hasil simulasi tidak sesuai dengan

KPI, maka akan dilakukan optimasi hingga hasil simulasi sesuai dengan standar KPI.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi Area Penelitian



GAMBAR 2
(MAP TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA)

PT Terminal Petikemas Surabaya (PT TPS) bekerja sama dengan Dubai Port World mengoperasikan terminal di bagian barat Tanjung Perak. Didirikan pada tahun 1999. Terminal Petikemas Surabaya memiliki beberapa bidang usaha yaitu, perencanaan dan pengelolaan keuangan dan logistik untuk terminal petikemas, pendidikan dan pelatihan yang berkaitan dengan kegiatan terminal petikemas, pelaksanaan penyediaan, pengoperasian, serta pemeliharaan fasilitas dan peralatan bongkar muat peti kemas.



GAMBAR 3
(ALUR KERJA INAPORTNET)

Inaportnet adalah sistem informasi pelayanan elektronik berbasis internet yang dikelola dan dikoordinasikan secara terpusat berdasarkan standar pelayanan operasional untuk mendukung kegiatan kapal dan barang di Indonesia.

B. Coverage Planning

Perhitungan *coverage* bertujuan untuk mengetahui berapa banyak jumlah *site* yang dibutuhkan dalam sebuah perencanaan jaringan seluler. Perhitungan *coverage* yang telah dilakukan dengan menggunakan parameter pada tabel 1 adalah sebagai berikut:

TABEL 1
(PARAMETER LINK BUDGET)

Parameter	Symbol	Downlink
Konstanta Boltzman (mWs/K)	k	1.38×10^{-20}
Kecepatan Cahaya (m/s)	c	3×10^8
Kuantitas Sub-Carrier	S_{cq}	1584
Height of Equipment	h_E	1

Heigh of gNodeB	h_{BS}	10
Heigh of User Transmission	h_{UT}	1.5
Daya Pancar gNodeB (dBm)	G_T	35
gNodeB Antenna Gain (dBi)	G_a	2
Kabel Loss (dB)	G_c	0
Folliage Loss (dB)	F_l	5
Body Block Loss (dB)	B_l	15
Penetration Loss (dB)	P_l	12.23
Interference Margin (dB)	I_m	1
Rain/Ice Margin (dB)	R_m	3
Slow Fading Margin (dB)	S_f	7
UT Antenna Gain (dB)	A_g	0
UT Noise Figure (dB)	N_f	7
Bandwidt (MHz)	B	200
Temperature (Kelvin)	T	293
Resource Block	R_b	132
Ambang Batas Demodulasi SINR (dB)	D_t	-1.1

Untuk melakukan *coverage planning* dapat dimulai dengan menghitung nilai *thermal noise* sebagai berikut:

$$N_T = 10 \log(K \times T \times B)$$

$$N_T = 10 \log(1.38 \times 10^{-20} \times 293 \times 200)$$

$$N_T = -150.92 \text{ dB}$$

Setelah mendapatkan hasil *Thermal Noise*, selanjutnya yaitu mencari nilai *Subcarrier Quantity*.

$$S_{cq} = R_b \times S_{Rb}$$

$$1584 = 132 \times S_{Rb}$$

$$12 = S_{Rb}$$

Perhitungan pathloss bertujuan untuk mendapatkan nilai total rugi maksimum dari redaman sinyal antara UT dengan gNodeB, nilai pathloss yang didapat setelah melakukan perhitungan adalah 113,79245.

Untuk mencari nilai d3D dengan menggunakan skenario *Line of Sight* (LOS) dengan frekuensi 26GHz dapat dihitung sebagai berikut:

$$PL_{LOS} = 32.4 + 21 \log(d_{3D}) + 20 \log(fc)$$

$$113,79245 = 32.4 + 21 \log(d_{3D}) + 20 \log(26)$$

$$451,4909 = d_{3D}$$

Hasil dari perhitungan pathloss berdasarkan model propagasi UMi yang telah didapatkan dari hasil d3d akan digunakan untuk mencari nilai dari *cell radius* d2d.

$$d_{2D} = \sqrt{((d_{3D})^2 - (h_{BS} - h_{UT})^2}$$

$$d_{2D} = \sqrt{((451,4909)^2 - (10 - 1,5)^2}$$

$$d_{2D} = 451,41088 \text{ m}$$

Untuk menghitung Coverage area dalam satu site gNodeB adalah sebagai berikut:

$$C_A = 2,6 \times (d_{2D})^2$$

$$C_A = 2,6 \times (451,41088)^2$$

$$C_A = 0,529806 \text{ km}^2$$

Untuk mengetahui berapa banyak jumlah site yang dibutuhkan pada area perencanaan adalah sebagai berikut:

$$N_{gNodeB} = \frac{L_{Area}}{C_A}$$

$$N_{gNodeB} = \frac{0,64}{0,52980}$$

$$N_{gNodeB} = 1,2080$$

Jumlah gNodeB yang dibutuhkan adalah 2 *site*.

C. Capacity Planning

Perhitungan capacity digunakan untuk memperkirakan jumlah user dalam satu cell yang dapat tercakup.

TABEL 2
(PERANGKAT PADA KAWASAN INDUSTRI PETIKEMAS
SURABAYA)

Teknologi	Perangkat	Unit
Pengenalan wajah	Akses pengenalan wajah	30
Deteksi plat kendaraan dan kontainer	Kamera pengawasan	162
Pengamatan armada	Kamera IP + MDVR + DSM	90
	Identifikasi pengemudi dan container	1083
	Bel / alarm	30
	Perangkat telematika	30
	Sensor bahan bakar ultrasonik	1364
	Sensor suhu dan kelembaban	1364
	Sensor pintu	1364
	Total	5517

Langkah pertama dalam perencanaan capacity adalah melakukan perkiraan jumlah pengguna pada 5 tahun kedepan.

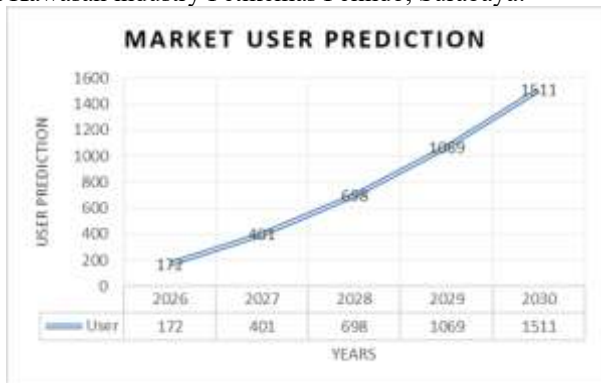


GAMBAR 4

(PERKIRAAN JUMLAH PENGGUNA TAHUN 2026-2030)

Dari gambar diagram diatas dapat diketahui, bahwa perkiraan jumlah pengguna pada 5 tahun yang akan datang selalu mengalami peningkatan. Perhitungan perkiraan jumlah pengguna pada tahun 2026 sebanyak 5.568, tahun 2027 sebanyak 5.619, tahun 2028 sebanyak 5.671, tahun 2029 sebanyak 5.723, dan pada tahun 2030 sebanyak 5.775.

Selanjutnya yaitu menghitung prediksi jumlah pengguna. Pada perhitungan estimasi jumlah penduduk ini menggunakan perhitungan Bass Model yang bertujuan mengukur jumlah unit untuk perencanaan jaringan private 5G di Kawasan industri Petikemas Pelindo, Surabaya.



GAMBAR 5

(GRAFIK BASS MODEL)

Dari gambar diagram diatas dapat diketahui, bahwa jumlah pengguna terus meningkat setiap tahun sesuai dengan prediksi Bass Model. Prediksi menunjukkan jumlah pengguna semakin meningkat dari 172 pengguna pada tahun 2026, 401 pengguna pada tahun 2027, 698 pengguna pada tahun 2028, 1069 pengguna pada tahun 2029, dan 1511 pengguna pada tahun 2030.

Langkah ketiga yaitu melakukan kalkulasi data rate. Pada perhitungan data rate dengan menggunakan parameter pada tabel 4.2 dapat memperkirakan kecepatan data untuk sejumlah operator tertentu.

TABEL 3
(PARAMETER KALKULASI DATA RATE)

Parameter	Simbol	Downlink
Bandwidth	BW	200
Jarak sub-carrier	SCS	120
Komponen pembawa	J	1
Jumlah lapisan	V LAYER	8

Modulation Order	QM	8
Scaling Factor	F	1
Rmax	RMAX	0,92578125
Numerology	NUMEROLOGY	3
Jumlah RB	RB	66
OFDM symbol duration	TS	0,000008929
Overhead	OH	0,18

Data Rate

$$= 10^{-6} \sum_{j=1}^j (v_{layers}^{(j)} \cdot Q_m^{(j)} \cdot f^{(j)} \cdot R_{max} \cdot \frac{N_{PRB}^{BW(j)} \cdot \mu \cdot 12}{T_s^\mu} \cdot (1 - OH^{(j)}))$$

$$Data Rate = 10^{-6} \sum_{j=1}^j (8 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 0,925 \cdot \frac{66 \cdot 12}{10^{-4}} \cdot (1 - 0,18))$$

$$Data Rate = 8619.368 Mbps = 8Gbps$$

Perhitungan *traffic demand* akan dilakukan untuk memperkirakan jumlah lalu lintas data yang dibutuhkan oleh pengguna dalam satu wilayah dengan nilai ρ didapat dari $N(t)$ per luas wilayah.

$$G(t) = \rho \frac{8}{N_{dh} \times N_{md}} \times \frac{1}{3600} \times \varphi(t) \times D_k$$

$$G(2026) = \frac{172}{0,64} \times \frac{8}{9 \times 30} \times \frac{1}{3600} \times 100\% \times 100 = 0,72$$

$$G(2027) = \frac{401}{0,64} \times \frac{8}{9 \times 30} \times \frac{1}{3600} \times 100\% \times 100 = 1,67$$

$$G(2028) = \frac{698}{0,64} \times \frac{8}{9 \times 30} \times \frac{1}{3600} \times 100\% \times 100 = 2,91$$

$$G(2029) = \frac{1069}{0,64} \times \frac{8}{9 \times 30} \times \frac{1}{3600} \times 100\% \times 100 = 4,45$$

$$G(2030) = \frac{1511}{0,64} \times \frac{8}{9 \times 30} \times \frac{1}{3600} \times 100\% \times 100 = 6,30$$

Untuk mengetahui berapa banyak jumlah site yang dibutuhkan pada area perencanaan adalah sebagai berikut:

$$N(gNodeB) = \frac{G(t)}{\text{Average Site Capacity}}$$

$$N(gNodeB)(5) = \frac{6,30}{0,64} = 2$$

Pada perhitungan yang telah dihasilkan diatas, jumlah gNodeB yang digunakan pada simulasi *capacity* adalah 2 *site*.

D. Simulasi Perencanaan Jaringan

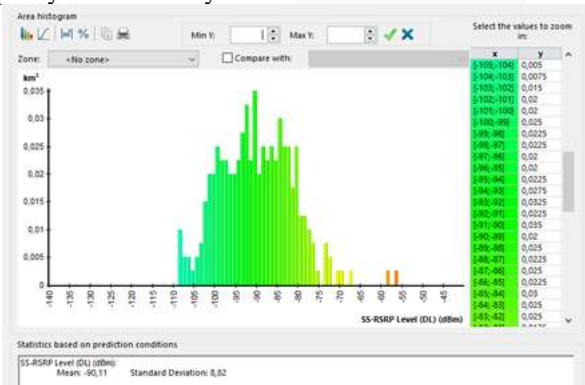
Simulasi perencanaan *coverage* dan *capacity* bertujuan untuk mengetahui seberapa jauh jaringan 5G ini dapat mencakup area yang diinginkan dan seberapa besar kapasitas yang dapat dipenuhi. Berdasarkan perhitungan *coverage* dan *capacity* yang telah dilakukan dengan menggunakan model propagasi *Urban Micro* didapatkan jumlah 2 site yang dapat mencakup seluruh area yang diinginkan. Hasil dari simulasi ini mencakup beberapa parameter seperti SS-RSRP, SS-SINR, dan throughput.

D. 1 Hasil Simulasi SS-RSRP



GAMBAR 6
(HASIL SIMULASI SIGNAL SS-RSRP)

Berdasarkan hasil simulasi atoll dalam perencanaan jaringan private 5G NR di Kawasan Industri Petikemas, Pelindo Surabaya pada frekuensi 26 GHz dengan menggunakan model propagasi Urban Micro dan parameter yang digunakan memiliki ketentuan nilai $hBS=10m$, $hUT=1,5$, dan $hE=1m$ sesuai dengan 3GPP TR.38900. jumlah site yang didapatkan dari perhitungan coverage dan capacity adalah sebanyak 2 site.



GAMBAR 7
(GRAFIK SIGNAL LEVEL SS-RSRP)

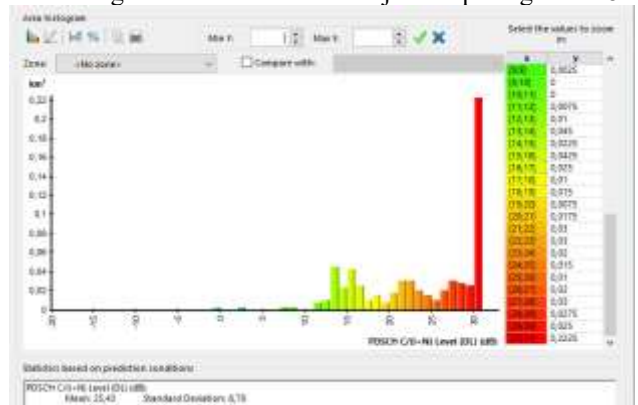
Pada gambar 7 menunjukkan hasil signal SS-RSRP berdasarkan simulasi perencanaan coverage dan capacity yang telah dilakukan pada Kawasan Industri Petikemas, Pelindo Surabaya berada pada rentang -110 dBm hingga -55 dBm diperoleh nilai rata-rata -90,11 menunjukkan bahwa kualitas sinyal berada pada kategori sangat baik dengan standar deviasi 8,82 yang menunjukkan kekuatan sinyal cukup signifikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa jaringan private 5G di Kawasan Industri Petikemas, Pelindo Surabaya pada frekuensi 26GHz dengan jumlah gNodeB sebanyak 2 site cukup layak untuk memenuhi kebutuhan layanan 5G di Kawasan tersebut.

D. 2 Hasil Simulasi SS-SINR



GAMBAR 8
(HASIL SIMULASI SIGNAL SS-SINR)

Berdasarkan hasil analisis capacity dengan simulasi atoll dalam perencanaan jaringan private 5G NR di Kawasan Industri Petikemas, Pelindo Surabaya yang memiliki luas 0,64 km² pada frekuensi 26 GHz membutuhkan 2 site. Hasil simulasi signal level SS-SINR ditunjukkan pada gambar 8.



GAMBAR 9
(GRAFIK SIGNAL LEVEL SS-SINR)

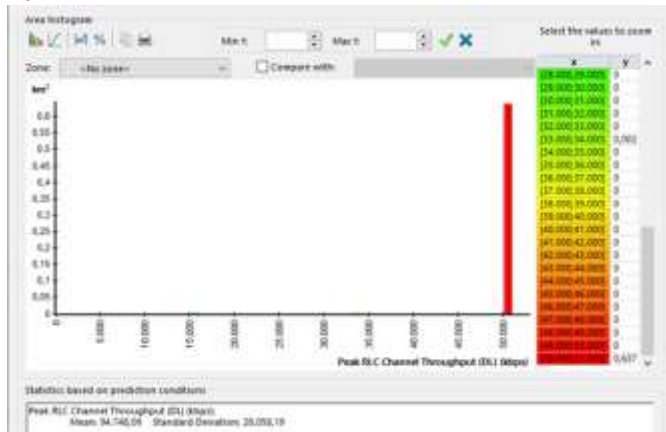
Pada gambar 9 menunjukkan grafik level signal SS-SINR berdasarkan simulasi perencanaan coverage dan capacity yang telah dilakukan pada Kawasan Industri Petikemas, Pelindo Surabaya bahwa sebagian besar area berada pada rentang 8 hingga 31 dB. Pada grafik tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar area memiliki nilai 25-30 dB yang ditunjukkan pada diagram batang merah yang dominan dengan nilai rata-rata sebesar 25,43 dB dengan standar deviasi sebesar 8,78 dB, sementara itu area dibawah 10 dB hampir tidak ada. Secara keseluruhan, sinyal pada area penelitian ini tergolong sangat baik dengan sinyal cakupan yang merata.

D. 3 Hasil Simulasi *Troughput*



GAMBAR 10
(HASIL SIMULASI SIGNAL *TROUGHPUT*)

Berdasarkan perhitungan coverage dan capacity yang telah dilakukan pada Kawasan Industri Petikemas Pelindo, Surabaya menghasilkan dua site yang dapat mencakup seluruh area dengan luas 0,64 km² dan mampu menangani 5571 unit yang terdapat pada area tersebut. Hasil ini menunjukkan bahwa dua site cukup untuk memenuhi kebutuhan coverage, capacity, dan quality untuk Kawasan Industri Petikemas Pelindo, Surabaya seperti pada gambar 10.



GAMBAR 11
(GRAFIK SIGNAL LEVEL SS-SINR)

Pada gambar 11 menunjukkan grafik level signal *Troughput* berdasarkan simulasi perencanaan coverage dan capacity yang telah dilakukan pada Kawasan Industri Petikemas, Pelindo Surabaya diperoleh nilai rata-rata sebesar 94.748 Kbps atau senilai dengan 92 Mbps dengan mayoritas area berada pada rentang 50.000-51.000 kbps dan hampir tidak ada area yang berada di bawah 48.000 Kbps. Hal ini menunjukkan bahwa simulasi ini termasuk dalam kategori baik dan mendukung perencanaan pada kawasan tersebut.

V. KESIMPULAN

Perancangan sistem komunikasi private 5G pada coverage dan capacity di Kawasan Industri Petikemas Pelindo, Surabaya berdasarkan parameter gain antenna, power transmit, data rate menghasilkan 2 site dengan luas area 0,67 km².

Berdasarkan analisis hasil perencanaan jaringan private 5G dan analisis sistem komunikasi private 5G yang baik untuk mendukung smart port di daerah petikemas Pelindo

Surabaya berdasarkan parameter gain antenna, power transmit, data rate, menghasilkan 2 site. Simulasi perencanaan coverage dan capacity yang telah dilakukan pada Kawasan Industri Petikemas, Pelindo Surabaya diperoleh nilai rata-rata SS-SINR sebesar -25,43 dBm yang berada pada kategori sangat baik, nilai rata-rata SS-RSRP sebesar -90,11 dB yang berada pada kategori sangat baik, dan nilai *Troughput* yang mencapai 94.748 kbps (92 Mbps) yang berada pada kategori baik.

REFERENSI

- [1] Badan Pusat Statistik Indonesia, "Perkembangan Transportasi Nasional Agustus 2023," no. No.66/Th.XXVI, p. 8, 2023, [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2023/10/02/2043/Perkembangan-Transportasi-Rilis-2-Oktober-2023.html>
- [2] A. Asmiati, S. Sulastriani, and A. B. Citta, "Pengembangan Sumber Daya Manusia Dalam Mendukung Transformasi Transportasi Laut Dalam Era Revolusi Industri 4.0," *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 3, no. 4, pp. 6184–6197, 2023.
- [3] D. E. Utari and M. Ropianto, "Pendorong Utama Dalam Pengembangan 5G," p. 15, 2023, [Online]. Available: https://www.academia.edu/113379752/Pendorong_Utama_Dalam_Pengembangan_5G?uc-sb-sw=450436
- [4] M. Zaqy, "Analisis Kualitas Layanan Jaringan Seluler 5g Privat Berbasis Cloud Computing," vol. 8, no. 6, pp. 2650–2659, 2022.
- [5] A. Wulandari, T. Supriyanto, and L. Damayanti, "Perancangan Skenario Non Stand Alone (Nsa) Jaringan 5G Untuk Menunjang Revolusi Industri 4.0," *Pros. Semin. Nas. Terap. Ris. Inov.*, vol. 7, no. 1, pp. 123–130, 2021.
- [6] A. Maulani *et al.*, "Perancangan Dan Realisasi Antena Metamaterial Patch Hexagonal Untuk Teknologi 5g Dengan Srr Pada Frekuensi 3,5 Ghz," vol. 10, no. 5, pp. 4294–4301, 2023.
- [7] G. Fahira, "5G NR Planning at mmWave Frequency : Study Case in Indonesia Industrial Area," no. May, 2021, doi: 10.1109/ICIEE49813.2020.9277451.
- [8] A. Aijaz, "private_5G," *IEEE Ind. Electron. Mag.*, no. December, pp. 136–145, 2020, doi: 10.1109/MIE.2020.3004975.
- [9] M. Wen *et al.*, "Private 5G Networks: Concepts, Architectures, and Research Landscape," *IEEE J. Sel. Top. Signal Process.*, vol. 16, no. 1, pp. 7–25, 2022, doi: 10.1109/JSTSP.2021.3137669.
- [10] T. M. Kittisak Makkawan, "A Conceptual Model of Smart Port Performance and Smart Port Indicators in Thailand," vol. 19, no. 3, pp. 133–146, 2021.
- [11] H. Yuliana, F. M. Santoso, S. Basuki, and M. R. Hidayat, "Analisis Model Propagasi 3GPP TR38.900 Untuk Perencanaan Jaringan 5G New Radio (

- NR) Pada Frekuensi 2300 MHz di Area Urban
Analysis of Propagation Model 3GPP TR38 . 900 for
5G New Radio (NR) Network Planning at 2300
MHz in Urban Areas,” vol. 10, no. 2, 2022.
- [12] K. Teori, “Perencanaan New Radio Pada Frekuensi
900 Mhz Dan 1800 Mhz Dengan Teknik Dynamic
Spectrum Sharing,” vol. 10, no. 6, pp. 5201–5207,
2023.
- [13] S. B. Barutu, A. Hikmaturokhman, and M. P. K.
Prajna, “Planning of 5G New Radio (NR) mmWave 26
GHz in Karawang Industrial Area,” *2020 IEEE Int.
Conf. Commun. Networks Satell. Comnetsat 2020 -
Proc.*, pp. 42–49, 2020, doi:
10.1109/Comnetsat50391.2020.9329010.

