

SIMULASI PERANCANGAN JARINGAN 5G *NEW RADIO* UNTUK MENDUKUNG MONITORING SENSOR PADA FREKUENSI 700 MHz DI KAWASAN PERINDUSTRIAN KABUPATEN SIDOARJO

NETWORKS SIMULATION OF 5G *NEW RADIO* DESIGN SUPPORT SENSOR MONITORING AT 700 MHz FREQUENCY IN INDUSTRIAL AREA OF SIDOARJO REGENCY

RayhanNaufaldi¹, HamzahUlinuhaMustakim², WalidMaulanaHadiansyah³

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹rayhannaufaldi@student.telkomuniversity.ac.id.ac.id,

²hamzahmustakim@telkomuniversity.co.id, ³wmhadiansyah@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Kabupaten Sidoarjo, dengan beragam sektor industri dan lebih dari 961 perusahaan, menjadi pusat perhatian dalam kebutuhan infrastruktur teknologi, terutama jaringan internet, untuk mendukung aktivitas produksi. Dalam era Revolusi Industri 4.0, teknologi 5G dianggap sebagai platform utama untuk mendukung otomatisasi industri dan integrasi sistem produksi yang lebih cerdas, dengan fokus pada konektivitas yang luas dan aplikasi di berbagai bidang termasuk produksi, pergudangan, dan logistik. Implementasi jaringan 5G NR di kawasan industri Kabupaten Sidoarjo, terutama dengan frekuensi 700 MHz, menjadi langkah krusial dalam mendukung visi smart factories dan meningkatkan efisiensi produksi. Dengan satu site yang telah direkomendasikan berdasarkan perhitungan kapasitas, throughput menunjukkan hasil yang baik dengan nilai rata-rata sebesar 1723.83014 Mbps. Histogram throughput menunjukkan akses yang optimal dengan 100% kawasan tercapuk. SS-RSRP menunjukkan hasil yang memuaskan dengan rata-rata -48.42 dBm, dan seluruh kawasan tercapuk 100%. SS-SINR juga menunjukkan hasil yang bagus dengan rata-rata 73.05 dB, dan seluruh kawasan tercapuk 100%.

Kata kunci : 5G, 700 MHz, Industri, Automasi, Sidoarjo

Abstract

Sidoarjo Regency, with its diverse industrial sectors and more than 961 companies, has become a focal point in the demand for advanced technological infrastructure, especially internet networks, to support production activities. In the era of the Fourth Industrial Revolution, 5G technology is considered a primary platform to support industrial automation and the integration of smarter production systems, with a focus on broad connectivity and applications across various fields including manufacturing, warehousing, and logistics. The implementation of 5G NR networks in the industrial areas of Sidoarjo Regency, particularly utilizing the 700 MHz frequency, is a crucial step in supporting the vision of smart factories and enhancing production efficiency. Throughput analysis indicates favorable results with an average value of 1723.83014 Mbps, showcasing optimal access with 100% coverage of the area. Additionally, SS-RSRP and SS-SINR demonstrate satisfactory performance with average values of -48.42 dBm and 73.05 dB respectively, covering the entire area comprehensively.

Keywords: 5G, 700 MHz, Industrial, Automation, Sidoarjo

1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi di Indonesia meningkatkan kebutuhan jaringan internet untuk industri. Kabupaten Sidoarjo, pusat industri dengan berbagai sektor seperti makanan dan farmasi, memerlukan jaringan internet yang mendukung proses produksi [1]. Revolusi Industri 4.0 membutuhkan konektivitas yang optimal, di mana teknologi 5G berperan penting [2]. Data GSMA memperkirakan 25% hingga 40% usaha kecil dan menengah akan memanfaatkan jaringan 5G mandiri antara 2023-2025 [3]. Frekuensi 700 MHz dari spektrum pita rendah dianggap ideal untuk mendukung smart factories dan Internet of Things (IoT) dengan penetrasi bangunan yang baik [4].

Tingginya kebutuhan *throughput* untuk URLLC pada *smart factories* dalam era Revolusi Industri 4.0 untuk komunikasi mMTC antar mesin dan monitoring sensor memerlukan infrastruktur

jaringan 5G *New Radio* dengan frekuensi 700 MHz sebagai *private lowband Internet of Things (IoT)* yang memiliki cakupan luas untuk memenuhi kebutuhan kapasitas secara efisien. Untuk menjamin kualitas komunikasi dari *site 5G New Radio* ke perangkat penerima, diperlukan evaluasi menggunakan parameter *Serving Cell Reference Signal Received Power (SS-RSRP)*. Untuk menjamin kualitas komunikasi yang diterima oleh perangkat penerima dari *site 5G New Radio*, diperlukan evaluasi menggunakan parameter *Serving Cell Reference Signal Signal-to-Interference plus Noise Ratio (SS-SINR)*.

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

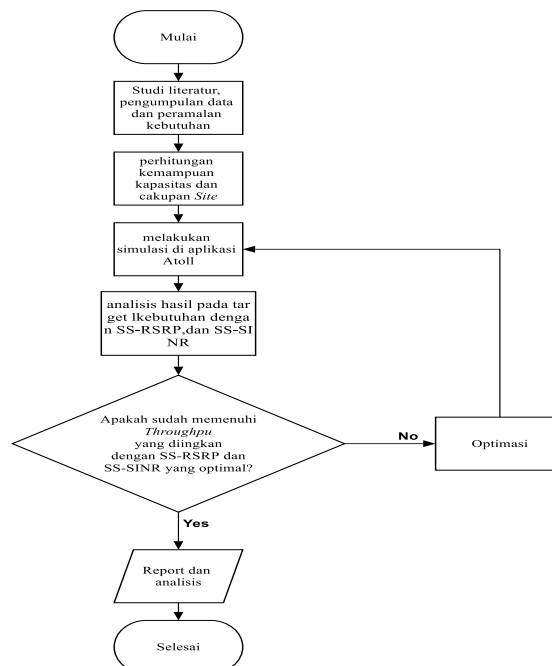
2.1 Dasar Teori

Perkembangan jaringan seluler dimulai dari 1G yang menyediakan layanan suara analog, diikuti oleh 2G dengan suara digital dan SMS, 3G dengan internet mobile dan aplikasi data, serta 4G yang mendukung *streaming video* dengan kecepatan tinggi [5]. Saat ini, 5G mendukung teknologi seperti *Internet of Things IoT* dan memiliki visi untuk meningkatkan *monitoring sensor* pabrik melalui URLLC untuk latensi rendah, eMBB untuk pemantauan real-time, dan *Massive mMTC* untuk konektivitas berskala besar. Standarisasi 5G, yang ditetapkan oleh ITU-R, IMT-2020, dan 3GPP, mencakup parameter teknis seperti SS-RSRP dan SS-SINR, serta model propagasi UMa. Arsitektur 5G Standalone meliputi 5G *Core Network* dengan fungsi utama seperti AMF, SMF, dan UPF, serta RAN dengan *Base Station* dan *Central Unit* [6].

Kawasan Industri Berbek dengan 111 dengan luas mencapai 87 hektar. kawasan ini memiliki visi untuk menjadi pusat industri inovatif berbasis teknologi informasi, dengan fokus pada lokasi, produk, pelayanan, dan fasilitas yang mendukung semua pihak yang terlibat [7]. Jaringan 5G akan mendukung otomasi industri yang canggih, integrasi teknologi tinggi, serta menyediakan konektivitas yang andal dan responsive [6].

2.2 Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kawasan industri Berbek, Kabupaten Sidoarjo, yang memiliki luas 87 hektar. Frekuensi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 700 MHz, dengan parameter yang diamati adalah SS-RSRP dan SS-SINR. Model propagasi yang digunakan adalah NLOS, yang sesuai dengan karakteristik lingkungan kawasan industri. Dengan mempertimbangkan ramalan penggunaan yang direkomendasikan 5G ACIA. Alur penelitian dapat dijelaskan seperti pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.3 Perencanaan

Peramalan kebutuhan jaringan menjadi krusial untuk memastikan penggunaan yang efisien dan optimal, terutama dalam mencakup area seluas 87 hektar. Dengan mengacu pada rekomendasi 5G ACIA yang terdapat dalam Tabel 1. MMTC dan URLLC adalah dua aspek penting yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan jaringan 5G [6].

Tabel 1. Rekomendasi Perkiraan Kapasitas Kawasan Industri 5G ACIA

<i>j</i>	<i>Use Case_j</i>	<i>Delay</i>	<i>Payload_j</i> (<i>bps</i>)	<i>Number Devices_j</i>	<i>Area Devices_j</i>
1	<i>Printing Machine</i>	< 2 ms	160	100	10000 m ²
2	<i>Machine Tools</i>	< 0.5 ms	400	20	225 m ²
3	<i>Packaging Machine</i>	< 1 ms	320	50	50 m ²
4	<i>Cooperative Motion Control</i>	1 ms	320	100	1000 m ²
5	<i>Video-Operated Remote Control</i>	10 ms	120000	100	1000 m ²
6	<i>Assembly Robots or Milling Machines</i>	4 ms	320	4	100 m ²
7	<i>Mobile Cranes</i>	12 ms	320	2	2400 m ²
8	<i>Monitoring Sensors</i>	50 ms	160	10000	1000 m ²

Untuk menentukan URLLC dengan throughput tinggi dan latensi rendah, diperlukan informasi tentang densitas perangkat IoT per meter persegi di kawasan seluas 87 hektar tersebut. Untuk mengetahui kebutuhan Throughput pada latensi rendah dapat mengacu pada 5G ACIA menggunakan Persamaan (1) berikut [6].

$$DemCap_{(bps)} = \sum_{j=1}^8 Payload_j \times \left(\frac{Area_j}{Area\ Devices_j} \right) \times Number\ Devices_j \quad (1)$$

$$Demand\ Capacity = 1562.97994064\ Mbps$$

Di mana

- $DemCap_{(BPS)}$: Total kebutuhan *Throughput* URLLC
- $Payload_j$: *Throughput* yang dibutuhkan URLLC dalam satuan bps
- $Area_j$: Luas kawasan (870000m²)
- $Area\ Devices_j$: Luas operasional perangkat

Kapasitas 5G di kawasan industri dipengaruhi oleh teknologi MIMO, modulasi tinggi, *sealing factor* yang rendah, dan *bandwidth* yang tinggi dengan pengurangan *overhead* dalam transmisi data. Numerology (μ) yang lebih rendah memiliki *subcarrier spacing* yang lebih besar, Kemudian untuk nilai *resource block* diperlukan *subcarrier quantity* di mana nilai *resource block* menyesuaikan dengan jumlah *bandwidth*. Kemudian agar bisa memenuhi kebutuhan throughput URLLC dapat mengacu pada 3GPP 38.901 menggunakan Persamaan (2) berikut. [8].

$$SiteCap = SF \times MIMO \times QAM \times R_{max} \times \frac{RB \times SCQ}{T_s^\mu} \times (1 - OH) \quad (2)$$

$$Site Capacity = 116043.08016 Mbps$$

Di mana

$SiteCap$: <i>Throughput</i> yang bisa dihasilkan <i>site</i>
SF	: Faktor skala <i>Throughput</i> Mbps (10^{-6})
$MIMO$: Multiple Antenna efisien (8)
QAM	: Modulasi yaang digunakan (1024)
R_{max}	: Tingkat kode maksimal yang dapat digunakan dalam efisiensi pengiriman data $\frac{984}{1024}$
RB	: <i>Recourse Block</i> (106 untuk 20 MHz dengan <i>spacing</i> 15 KHz)
SCQ	: <i>Subcarrier Quantity</i> (12)
T_s^μ	: Waktu 1 <i>symbol</i> per OFDM ($\frac{10^{-3}}{14 \times 2^0}$)
μ	: Numerology (0)
OH	: <i>Overhead Values</i> (0.14 pada rentang frekuensi 1 untuk DL)

Berikutnya untuk menentukan jumlah yang diperlukan target penggunaan berupa kapasitas butuhkan, lalu untuk memenuhi kebutuhan tersebut diperlukan jumlah *site* yang setidaknya bisa memenuhi kebutuhan tersebut. Perhitungan jumlah *site* mengacu pada 3GPP 38.901 menggunakan Persamaan (3) berikut [9].

$$NumbSite_{(capacity)} = \frac{DemCap}{SiteCap} \quad (3)$$

$$NumbSite_{(capacity)} = 0.01347$$

Di mana

$NumbSite_{(capacity)}$: Jumlah <i>site</i> berdasarkan <i>Capacity</i>
$DemCap$: Total kebutuhan <i>Throughput</i> URLLC (1562.97994064 Mbps)
$SiteCap$: <i>Throughput</i> yang bisa dihasilkan <i>site</i> (116043.08016 Mbps)

Link budget merupakan estimasi nilai maksimum redaman propagasi gelombang yang masih ditoleransi agar *transmitter site* dan *devices* masih bisa terhubung dengan baik. Perhitungan *link budget* mengacu pada 3GPP 38.901 menggunakan Persamaan (4) berikut [9].

$$PathLoss = Transmit Power - 10_{log}10(SCQpRB) + Site Antenna Gain - LCable - LPene - LFoilage - Body Blockage Loss - MInterference - MRain - MSlowFad + Devices Antenna Gain - NThermal - Devices Noise Figure - DemodThreshold SINR \quad (4)$$

$$PathLoss = 113.673$$

Di mana

$PathLoss$: Rugi-rugi daya pada propagasi
$Transmit Power$: Daya <i>site</i> propagasi (55 dBm)
$SCQpRB$: <i>Subcarrier quantiy per recourse block</i> (1272)
$Site Antenna Gain$: Penguatan daya dari atenna pemancar (30 dBi)
$LCable$: Hilang daya akibat attenuasi kabel (1.86163932)
$LPene$: Hilang daya akibat menembus bangunan (15.52529)
$LFoilage$: Hilang daya akibat pepohonan dan dedaunan (19.81)
$LBodyBlock$: Hilang daya akibat menembus tubuh manusia (4 dB)
$MInterference$: Cadangan daya untuk interferensi (-6 dB)

<i>MRain</i>	:	Cadangan daya untuk penurunan daya akibat attenuasi hujan (0.0000000299)
<i>MSlowFad</i>	:	Cadangan daya untuk Penurunan daya perlahan akibat model propagasi (6 dB)
<i>Devices Antenna Gain</i>	:	Penguatan daya dari antena penerima (-3 dBi)
<i>NThermal</i>	:	Distorsi yang diakibatkan oleh panas yang dihasilkan <i>bandwidth</i> (-138.92)
<i>Devices Noise Figure</i>	:	Distorsi yang dimiliki perangkat penerima (9 dB)
<i>DemoThreshold SINR</i>	:	Ambang batas SINR yang diinginkan (30 dB)

Penggunaan model propagasi *Urban Macro-Cell Non-Line Of Sight* (NLOS) menjadi kritis dalam kawasan perindustrian. Model ini dirancang untuk menangani tantangan dalam propagasi sinyal di lingkungan yang kompleks, di mana bangunan, struktur, dan topografi lahan dapat mempengaruhi penyebaran sinyal. Perhitungan model propagasi mengacu pada ITU-R M.2135-1 menggunakan Persamaan (5) berikut [10].

$$\begin{aligned}
 PathLoss = & 161.04 - 7.1 \times \log_{10}(W) + 7.5 \log_{10}(hb) \\
 & - \left(24.37 - 3.7 \times \left(\frac{hb}{hBS} \right)^2 \right) \times \log_{10}(hBS) \\
 & + (43.42 - 3.1 \times \log_{10}(hBS))(\log_{10}(d3D) - 3) + 20 \times \log_{10}(f) \\
 & - (3.2 \times \log_{10}(11.75 \times hUT)^2) \times 2 - 4.97 \\
 d3D = & 4311.04 \text{ m}
 \end{aligned} \tag{5}$$

Di mana

<i>PathLoss</i>	:	Rugi-rugi daya pada propagasi (113.673 dB)
<i>W</i>	:	Lebar jalan dalam m (20 m)
<i>hb</i>	:	Tinggi gedung m (20 m)
<i>hBS</i>	:	Tinggi <i>site</i> dalam m (23.5 m)
<i>d3D</i>	:	Jarak propagasi
<i>f</i>	:	Frekuensi dalam GHz (0.7)
<i>hUT</i>	:	Tinggi penerima dalam m (1.5 m)

Untuk menentukan cakupan, dibutuhkan jarak propagasi dan frekuensi. Perhitungan cakupan mengacu pada 3GPP 38.901 menggunakan Persamaan (6) berikut [9].

$$\begin{aligned}
 SiteCov = & \text{konstanta hexagon} \times \sqrt{(d3D^2 - (hBS - hUT))^2} \\
 SiteCov = & 481326313.64 \text{ m}^2
 \end{aligned} \tag{6}$$

Di mana

<i>d2D</i>	:	Radius hexagonal
<i>d3D</i>	:	Jarak propagasi (4311.04 m)
<i>hBS</i>	:	Tinggi <i>site</i> dalam m (23.5 m)
<i>hUT</i>	:	Tinggi penerima dalam m (1.5 m)
<i>konstanta hexagon</i>	:	Konstanta rumus segi 6 (2.6)

Berikutnya untuk menentukan jumlah yang diperlukan target penggunaan berupa *coverage* yang dibutuhkan, lalu untuk memenuhi kebutuhan tersebut diperlukan jumlah *site*. Perhitungan jumlah *site* mengacu pada 3GPP 38.901 menggunakan Persamaan (7) berikut [9].

$$\begin{aligned}
 NumbSite_{(coverage)} = & \frac{DemCov}{SiteCov} \\
 Number\ of\ Site_{(coverage)} = & 0.34830.00181
 \end{aligned} \tag{7}$$

Di mana

- $NumbSite_{(coverage)}$: Jumlah *site* berdasarkan *Coverage*
 $DemCap$: Luas kebutuhan Kawasan (870000 m²)
 $SiteCap$: *coverage* yang bisa dihasilkan *site* (481326313.64 m²)

Kemudian untuk evaluasi daya yang dihasilkan untuk mengirim sinyal dari *site* ke *devices* maka diperlukan parameter SS-RSRP adalah metrik yang digunakan dalam jaringan seluler untuk mengukur kekuatan sinyal yang diterima dari *site* layanan utama oleh perangkat penerima. SS-SINR memberikan gambaran tentang seberapa jelas sinyal yang diterima oleh penerima dibandingkan dengan tingkat gangguan dan kebisingan di sekitarnya [9]. Evaluasi performa SS-RSRP dapat diperlihatkan pada Tabel 2 berikut.

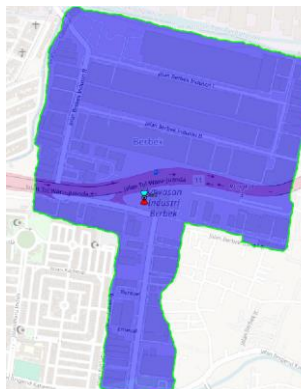
Tabel 2. Parameter SS-RSRP dan SS-SINR

Kategori	Nilai SS-RSRP (dBm)	Nilai SS-SINR (dB)
Sangat Buruk	< -120	< 0
Buruk	-120 Sampai -110	0 Sampai 5
Normal	-110 Sampai -95	5 Sampai 10
Baik	-95 Samapi -75	10 Samapi 20
Sangat Baik	-75 Sampai -65	20 Sampai 30
<i>Excellent</i>	-65 Sampai 0	> 30

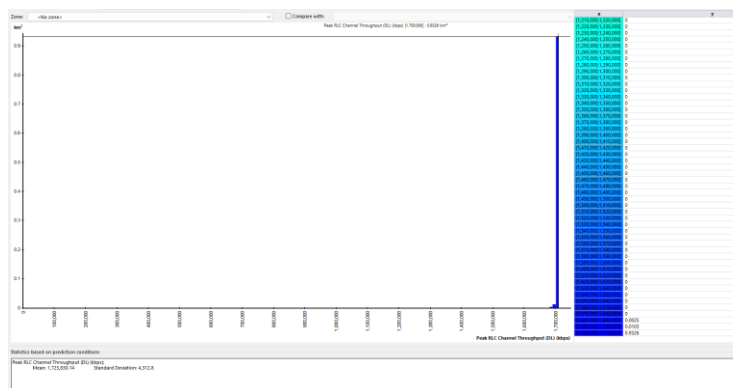
3. Pembahasan

Untuk Kawasan Industri Berbek seluas 87 hektar dengan kebutuhan 1562.98 Mbps, perhitungan kapasitas menunjukkan perlunya 1 *site* dengan 2 sektor dan 2 *channel* berbeda (699 MHz dan 729 MHz). Layer MIMO adalah 8, menggunakan modulasi 1024 QAM, bandwidth 20 MHz dengan spacing 15 KHz. Perhitungan *coverage* menunjukkan *site* dengan power transmitter maksimal 55 dBm, antenna gain maksimal 30 dBi, dan panjang propagasi 1000 m.

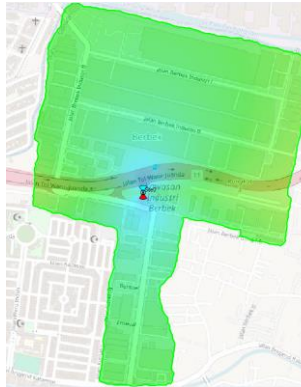
Pada gambar 2 dan 3 Histogram menunjukkan *throughput* terendah 1680 Mbps di area 0.0025 km² dan *throughput* tertinggi 1700 Mbps di area 0.9326 km², dengan rata-rata *throughput* 1723.83 Mbps. kebutuhan kawasan terpenuhi 110.25%. Pada gambar 4 dan 5 menunjukkan SS-RSRP terburuk -72 dBm di area 0.0002 km² dan terbaik -15 dBm di area yang sama, dengan rata-rata -48.42 dBm. Pada gambar 6 dan 7 menunjukkan SS-SINR terburuk 54 dB di area 0.0001 km² dan terbaik 100 dB di area yang sama, dengan rata-rata 73.05 dB. Hasil keseluruhan menunjukkan sangat baik dengan cakupan 100%.



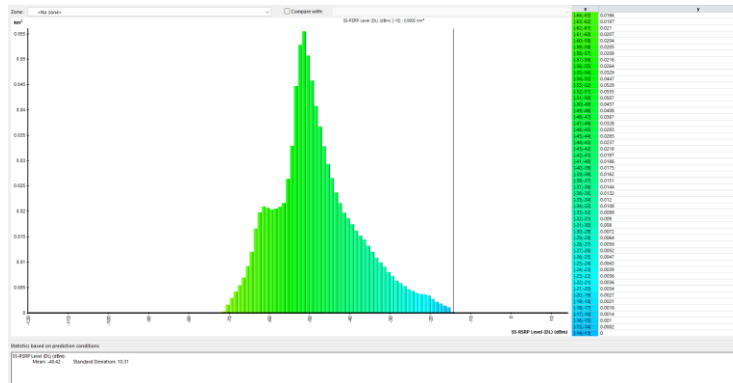
Gambar 2. Hasil Throughput



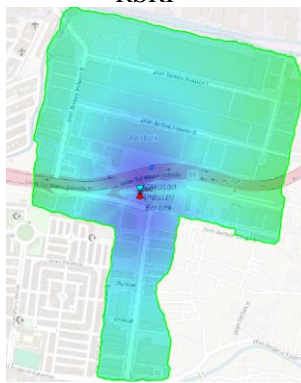
Gambar 3. Histogram Throughput



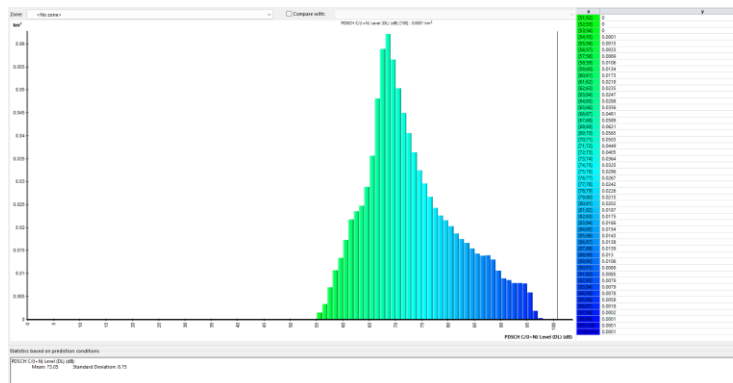
Gambar 4. Hasil SS-RSRP



Gambar 5. Histogram SS-RSRP



Gambar 6. Hasil SS-SINR



Gambar 7. Histogram SS-SINR

4. Kesimpulan

Simulasi *throughput* sebesar 1723.83014 Mbps dan pencapaian kebutuhan sebesar 110.25% dari kebutuhan total kawasan (1562.97994064 Mbps). Simulasi juga berhasil meningkatkan kualitas sinyal yang diterima (SS-RSRP). Nilai SS-RSRP rata-rata -63.57 dBm dengan kawasan tercakup 100%. Hal ini menunjukkan bahwa evaluasi dan penyesuaian parameter jaringan dapat menghasilkan sinyal yang kuat dan stabil, meningkatkan kualitas komunikasi dari *site 5G New Radio* ke perangkat penerima setelah dilakukan optimasi. Simulasi berhasil meningkatkan kualitas sinyal yang diterima (SS-SINR). Nilai SS-SINR rata-rata 72.92 dB dengan kawasan tercakup 100%. Hal ini menunjukkan bahwa evaluasi dan penyesuaian parameter jaringan dapat meningkatkan kualitas komunikasi yang diterima oleh perangkat penerima dari *site 5G New Radio* setelah dilakukan optimasi.

Daftar Pustaka:

- [1] Pemerintah Daerah Kabupaten Sidoarjo, Pemerintah Daerah Kabupaten Sidoarjo "Profil Industri Besar dan Sedang Kabupaten Sidoarjo", Kabupaten Sidoarjo: Pemerintah Daerah Kabupaten Sidoarjo, 2017.
- [2] Ordonez, Jose, Jestis F, Luis M, and Antonio Pastor, "The Use of 5G Non-Public Network to Support", *Journal Of Informatics And Telecommunication Engineering*, 2019.
- [3] Global System For Mobile Communication Association, "Road To 5G : Introduction and Migration," *GSMA White Paper, April 2018.*, 2018.
- [4] Achmad Kirang , Alfin Hikmaturokhman , Khoirun Ni'amah. "5G NR Network Planning Analysis using 700 Mhz and 2.3 Ghz Frequency in The Jababeka Industrial Area" DOI: 10.31289/jite.v6i2.8270.

- [5] Marco Carugi. "Distinguishing features - and high level requirements " ITU Regional Forum on Emergent Technologies, Tunis - Tunisia, : ITU-T Q20/13 Associate Rapporteur and SG13 Mentor, 23-24 April 2019.
- [6] White Paper 5G for Connected Industries and Automation Second Edition, 5G Alliance for Connected Industries and Automation, 2019.
- [7] J. Satria, G. Feroza, G. Torulli, A. Ardi "Analisis Faktor-faktor Penentuan Lokasi Industri Studi Kasus: Kawasan Industri Berbek, Sidoarjo.", Surabaya, 24 Mei: Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaa, Institut Teknologi Sepuluhnoember, 2016.
- [8] 3GPP, "3GPP TR 38.901 version 16.11.0 Release 16, Study on channel model for frequencies from 0.5 to 100 GHz," ETSI, 2020.
- [9] 5G;Study on channel model for frequencies from 0.5 to 100 GHz(3GPP TR 38.901 version 16.1.0 Release 16), ETSI TR 138 901 V16.1.0 (2020-11), 2020.
- [10] "Report ITU-R M.2135-1: Guidelines for evaluation of radio interface technologies for IMT-Advanced. M Series: Mobile, radiodetermination, amateur and related satellites services. International Telecommunication Union," ITU-R, 2019.