

Analisis Cakupan dan Performansi NB-IoT 900 MHz dengan Skema Standalone di Yogyakarta**Fitrah Sadli Fahreza¹, Melinda Br Ginting^{2*}, Robin Sinurat³, Ahmad Mutsaqif Abdul Haq⁴, Widiarto Eko Bagus Saputro⁵**^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom, Indonesiafitrahsadli@student.telkomuniversity.ac.id¹, melindag@telkomuniversity.ac.id^{2*}, robinsinurats@telkomuniversity.ac.id³, ahmadmutsaqifabdul@student.telkomuniversity.ac.id⁴, widiartoekobagus@student.telkomuniversity.ac.id⁵

Received 19 Februari 2026 | Revised 14 Juli 2026 | Accepted 05 Agustus 2026

ABSTRAK

Perkembangan *Internet of Things* (IoT) yang semakin pesat mendorong kebutuhan akan teknologi komunikasi yang mampu menyediakan cakupan luas dengan konsumsi daya rendah serta efisiensi spektrum yang baik. Salah satu teknologi yang dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah *Narrowband Internet of Things* (NB-IoT), yang dirancang khusus untuk mendukung layanan IoT dengan kebutuhan data rendah dan jumlah perangkat yang masif. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis kinerja jaringan NB-IoT pada frekuensi 900 MHz dengan skema standalone di wilayah Yogyakarta. Metode penelitian dilakukan melalui simulasi perancangan jaringan dengan pendekatan link budget untuk menghitung cakupan sel, serta menggunakan model propagasi Okumura-Hatta Urban yang sesuai untuk lingkungan perkotaan. Evaluasi performansi jaringan dilakukan dengan menganalisis parameter utama, yaitu *Reference Signal Received Power* (RSRP), *Signal to Interference plus Noise Ratio* (SINR), dan *throughput downlink*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai rata-rata RSRP yang diperoleh sebesar $-108,52$ dBm, yang mengindikasikan cakupan sinyal yang cukup luas. Selain itu, nilai rata-rata SINR sebesar $10,33$ dB menunjukkan kualitas sinyal yang baik dalam menghadapi interferensi dan *noise*. Sementara itu, *throughput downlink* rata-rata sebesar $89,27$ kbps menunjukkan bahwa jaringan mampu mendukung kebutuhan transmisi data berukuran kecil secara efisien. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa perancangan jaringan NB-IoT *standalone* pada frekuensi 900 MHz di wilayah Yogyakarta layak untuk diimplementasikan. Jaringan ini mampu memberikan cakupan luas, kualitas sinyal yang memadai, serta performansi yang sesuai untuk mendukung layanan IoT berdata rendah, seperti *smart metering*.

Kata kunci: NB-IoT, Frekuensi 900 MHz, Standalone, RSRP, SINR, Throughput

The rapid development of the Internet of Things (IoT) has increased the demand for communication technologies that can provide wide coverage, low power consumption, and efficient spectrum utilization. One of the technologies developed to meet these requirements is Narrowband Internet of Things (NB-IoT), which is specifically designed to support low-data-rate IoT services with massive device connectivity. This study aims to design and analyze the performance of an NB-IoT network operating at 900 MHz using a standalone deployment scheme in the Yogyakarta region. The research method is carried out through network planning simulations using a link budget approach to estimate cell coverage, combined with the Okumura-Hatta Urban propagation model, which is suitable for urban environments. Network performance evaluation is conducted by analyzing key parameters, including Reference Signal Received Power (RSRP), Signal to Interference plus Noise Ratio (SINR), and downlink throughput. The simulation results show that the average RSRP value is -108.52 dBm, indicating relatively wide signal coverage. In addition, the average SINR value of 10.33 dB demonstrates good signal quality in the presence of interference and noise. Meanwhile, the average downlink throughput of 89.27 kbps indicates that the network is capable of efficiently supporting low-data-rate transmissions. Based on these results, it can be concluded that the standalone NB-IoT network design at 900 MHz in the Yogyakarta region is feasible for implementation. The network provides wide coverage, adequate signal quality, and performance suitable for supporting low-data-rate IoT applications, such as smart metering.

Keywords: NB-IoT, 900 MHz, Standalone Deployment, Network Planning, RSRP, SINR, Throughput

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telekomunikasi saat ini tidak lagi terbatas pada komunikasi antar manusia, tetapi juga mencakup komunikasi antar perangkat melalui konsep *Internet of Things* (IoT). IoT memungkinkan berbagai perangkat untuk saling terhubung dan bertukar data secara otomatis, sehingga berperan penting dalam mendukung transformasi digital di berbagai sektor, seperti energi, industri, dan perkotaan. Seiring dengan meningkatnya jumlah perangkat IoT, dibutuhkan teknologi komunikasi yang mampu menyediakan cakupan luas, konsumsi daya rendah, serta konektivitas yang andal untuk mendukung layanan berbasis sensor dan

monitoring jangka panjang. *Narrowband Internet of Things* (NB-IoT) merupakan salah satu teknologi *Low Power Wide Area* (LPWA) berbasis jaringan seluler yang distandarisasi oleh 3GPP untuk memenuhi kebutuhan perangkat berdata rendah dalam jumlah besar dengan sensitivitas penerima tinggi dan mekanisme pengulangan (*repetition*) untuk memperluas cakupan pada kondisi sinyal lemah. Kajian-kajian terkini menunjukkan bahwa NB-IoT menawarkan *trade-off* yang menarik antara cakupan, keandalan, dan efisiensi energi sehingga cocok untuk aplikasi smart metering dan monitoring infrastruktur kritis (Bali, 2022). Secara teknis, NB-IoT diperkenalkan pada 3GPP Release 13 dengan lebar pita sistem sebesar 180 kHz dan tiga mode penggelaran, yaitu *standalone*, *in-band*, dan *guard-band*. Pada *mode standalone*, NB-IoT menempati kanal GSM selebar 200 kHz yang berdiri sendiri, sehingga tidak berbagi sumber daya spektrum dengan pembawa LTE.

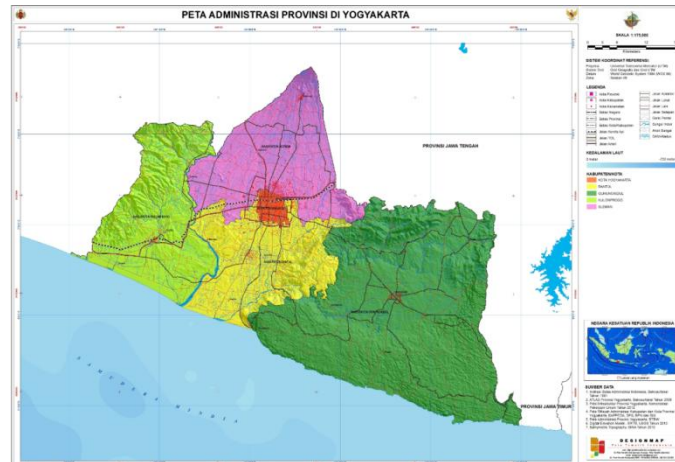
Desain NB-IoT menargetkan perluasan cakupan hingga 20 dB dibandingkan GPRS dengan *Maximum Coupling Loss* (MCL) sebesar 164 dB, dukungan lebih dari 50.000 perangkat per sel, masa pakai baterai hingga 10 tahun, serta kompleksitas dan biaya perangkat yang rendah (Wang et al., 2017; 3GPP, 2015). Evaluasi kinerja pada tahap standarisasi juga menunjukkan bahwa target tersebut dapat dipenuhi melalui mekanisme repetisi dan modulasi yang sederhana, sehingga NB-IoT layak digunakan untuk komunikasi *machine-to-machine* berskala besar (Ratasuk et al., 2016). Dari sisi cakupan, hasil evaluasi kinerja menunjukkan bahwa NB-IoT mampu memberikan peningkatan cakupan hingga 20 dB dibandingkan jaringan LTE eksisting, sehingga perangkat yang berada pada lokasi dengan redaman tinggi, seperti ruang bawah tanah atau ruang meteran di dalam bangunan, tetap dapat terlayani (Adhikary et al., 2016). Kemampuan perluasan cakupan ini menjadi pertimbangan penting dalam perencanaan jaringan NB-IoT, khususnya untuk layanan smart metering yang perangkatnya umumnya terpasang pada lokasi statis dengan kondisi propagasi yang kurang menguntungkan. Dibandingkan dengan teknologi LPWA berbasis spektrum tidak berlisensi seperti LoRa dan Sigfox, NB-IoT beroperasi pada spektrum berlisensi milik operator seluler sehingga unggul dari sisi kualitas layanan (*Quality of Service*), latensi, dan keandalan konektivitas, meskipun LoRa dan Sigfox lebih unggul dari sisi biaya perangkat dan masa pakai baterai (Mekki et al., 2019; Sinha et al., 2017). Karakteristik tersebut menjadikan NB-IoT pilihan yang tepat bagi operator seluler untuk menyediakan layanan IoT masif dengan jaminan kualitas layanan, termasuk smart metering pada infrastruktur utilitas. NB-IoT dirancang untuk mendukung komunikasi perangkat IoT dengan kebutuhan data rendah, namun dalam jumlah yang masif dan dengan efisiensi energi yang tinggi (Fattah, 2019). Karakteristik ini menjadikan NB-IoT sangat sesuai untuk aplikasi *smart metering* yang membutuhkan konektivitas stabil, pengiriman data periodik, serta jangkauan luas dengan biaya operasional yang rendah. Berbagai penelitian telah mengkaji perancangan jaringan NB-IoT dengan skema dan karakteristik wilayah yang berbeda. Studi di wilayah metropolitan Jakarta menunjukkan bahwa implementasi NB-IoT pada frekuensi 900 MHz dengan skema In-Band mampu memberikan performa cakupan dan kapasitas jaringan yang memadai untuk layanan IoT di area dengan kepadatan tinggi (Ginting, 2023).

Penelitian lain juga membahas perancangan jaringan NB-IoT dengan skema *standalone* untuk mendukung layanan *smart metering* di kawasan perumahan, yang menekankan aspek efisiensi daya dan keandalan konektivitas bagi infrastruktur *Advanced Metering Infrastructure* (AMI) (Ginting, 2025). Selain itu, kajian terbaru membandingkan skema *In-Band* dan *Guard-Band* pada frekuensi 2100 MHz dan menunjukkan bahwa pemilihan skema sangat memengaruhi performa jaringan dari sisi RSRP, SINR, dan *throughput* dalam mendukung layanan *smart metering* (Amelia et al., 2025). Meskipun demikian, masih terbatas penelitian yang secara khusus mengkaji potensi NB-IoT pada frekuensi 900 MHz dengan skema *standalone* dalam konteks kebijakan *refarming* spektrum dan evolusi jaringan seluler menuju *5G Advanced*. Di Indonesia, *refarming* frekuensi GSM 900 MHz ke jaringan 4G LTE membuka peluang pemanfaatan kanal sempit 200 kHz yang sebelumnya digunakan oleh GSM untuk implementasi NB-IoT secara *standalone*. Frekuensi 900 MHz memiliki karakteristik propagasi yang baik, sehingga berpotensi memberikan cakupan luas dan penetrasi sinyal yang lebih baik, khususnya untuk wilayah urban dan suburban. Selain itu, NB-IoT juga dipandang sebagai teknologi pendukung penting dalam ekosistem 5G, terutama pada konsep *5G Non-Standalone* (NSA), di mana jaringan 4G/LTE masih berperan sebagai tulang punggung untuk mendukung layanan IoT berskala masif.

Di Indonesia, kebijakan *refarming* pita frekuensi 900 MHz telah menyusun kondisi spektrum yang memungkinkan alokasi kanal sempit (200 kHz) untuk implementasi NB-IoT *standalone* pada pita 900 MHz. Proses penataan ulang spektrum tersebut memperkuat peluang pemanfaatan kanal hasil *refarming* untuk layanan IoT berskala besar tanpa mengganggu layanan LTE yang telah ada (Ditjen SDPPI, 2024). Oleh karena itu, diperlukan perancangan dan analisis performa jaringan NB-IoT terlebih dahulu untuk mengetahui potensi teknologi ini sebelum diimplementasikan secara luas. Penelitian ini berfokus pada perancangan dan analisis jaringan NB-IoT frekuensi 900 MHz dengan skema *standalone* di wilayah Yogyakarta melalui simulasi perencanaan jaringan. Analisis dilakukan berdasarkan parameter kinerja utama, yaitu *Reference Signal Received Power* (RSRP), *Signal to Interference plus Noise Ratio* (SINR), dan *throughput*, guna mengevaluasi kelayakan NB-IoT sebagai teknologi pendukung layanan smart metering serta perannya sebagai bagian dari transisi jaringan seluler menuju *5G Advanced*.

II. METODE PENELITIAN

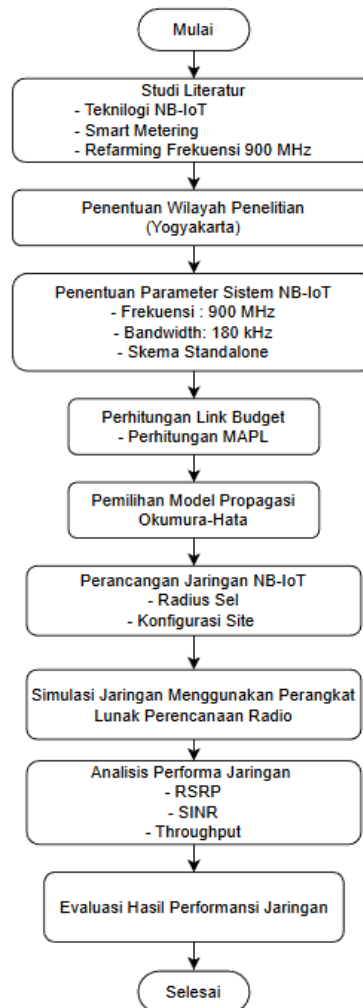
Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan simulasi perencanaan jaringan untuk menganalisis performa jaringan *Narrowband Internet of Things* (NB-IoT) pada frekuensi 900 MHz dengan skema *standalone*. Pendekatan ini dipilih untuk mengevaluasi potensi NB-IoT sebagai teknologi pendukung layanan *smart metering* serta perannya dalam transisi jaringan seluler menuju *5G Advanced*. Analisis dilakukan berdasarkan parameter performa utama jaringan seluler, yaitu RSRP, SINR, dan *throughput*.



Gambar 1. Peta Wilayah Yogyakarta

Gambar 1 menunjukkan peta wilayah yang digunakan pada penelitian ini, Penelitian ini difokuskan pada wilayah Yogyakarta yang memiliki karakteristik *urban* dengan luas area 32 km^2 sehingga representatif untuk pengujian jaringan NB-IoT dengan kebutuhan cakupan luas dan kepadatan perangkat yang bervariasi. Perancangan jaringan dilakukan dengan memanfaatkan data *site existing* sebagai representasi kondisi jaringan seluler aktual, khususnya setelah adanya kebijakan *refarming* frekuensi GSM 900 MHz ke jaringan 4G LTE. Pemanfaatan *site existing* ini bertujuan untuk menghasilkan skenario perancangan yang realistis (Badan Pusat Statistik Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, 2024).

Gambar 2 menunjukkan flowchart untuk penelitian ini. Jaringan NB-IoT dirancang menggunakan skema *standalone*, di mana kanal NB-IoT beroperasi secara independen pada *bandwidth* 200 kHz yang sebelumnya digunakan oleh sistem GSM. Pemilihan skema *standalone* didasarkan pada ketersediaan spektrum hasil *refarming* serta fleksibilitas implementasi tanpa mengganggu layanan LTE yang telah ada. Parameter teknis NB-IoT yang digunakan dalam simulasi ditentukan berdasarkan standar 3GPP dan referensi penelitian terdahulu. Tahapan perancangan jaringan diawali dengan perhitungan link budget untuk memperoleh nilai *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL) yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan jangkauan sel NB-IoT. Perhitungan ini mempertimbangkan daya pancar, gain antena, rugi-rugi sistem, margin interferensi, *margin fading*, serta sensitivitas penerima. Nilai MAPL selanjutnya digunakan untuk menghitung radius sel dan estimasi cakupan jaringan pada wilayah penelitian. Untuk memodelkan propagasi sinyal radio pada frekuensi 900 MHz, digunakan model propagasi yang sesuai dengan karakteristik lingkungan *urban*. Model ini digunakan untuk memperkirakan redaman sinyal berdasarkan jarak antara eNodeB dan perangkat pengguna, sehingga dapat memprediksi distribusi kekuatan sinyal di seluruh area perencanaan. Simulasi perancangan jaringan NB-IoT dilakukan menggunakan perangkat lunak perencanaan radio untuk memodelkan kondisi jaringan secara menyeluruh. Analisis performa difokuskan pada sisi *downlink* dengan mengevaluasi distribusi nilai RSRP, SINR, dan *throughput*. Hasil simulasi disajikan dalam bentuk peta cakupan dan histogram untuk menilai kualitas jaringan serta kelayakan implementasi NB-IoT *standalone* pada frekuensi 900 MHz dalam mendukung layanan *smart metering* dan layanan IoT berdata rendah lainnya.



Gambar 2. Flowchart Penelitian

A. Perancangan Jaringan NB-IoT Skema Standalone

Perancangan jaringan NB-IoT dilakukan berdasarkan perancangan *coverage* dengan menggunakan data *site existing*. Dengan frekuensi kerjanya di 900 MHz. Tabel 1 menunjukkan parameter yang digunakan pada perancangan jaringan NB-IoT berdasarkan *coverage* (Micahel, 2022).

Tabel 1. Parameter Link Budget

Parameter Utama	Nilai
Frekuensi	900 MHz
Bandwidth	180 MHz/PRB
Daya Pancar eNodeB	43 dBm
Daya Pancar NB-IoT	23 dBm
Area	Urban
Receiver Sensitivity	-26 dBm

Penelitian ini menggunakan beberapa persamaan dan perhitungan untuk menentukan nilai radius jangkauan satu *site*. Dengan nilai MAPL, perhitungan dilakukan menggunakan model propagasi *Okumura Hata* (Yaqoob et al: 2017):

$$L_{urban} = 69 + 16.15 \log(fc) - 13.28 \log(h_{te}) - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55 \log(h_{te})) \log(d) \quad (1)$$

Dengan f_c sebagai frekuensi *carrier* 900 MHz, tinggi antenna eNodeB adalah 35 m, dan tinggi perangkat pengguna h_{re} adalah 1,5 m. Berdasarkan perhitungan model *Hata Urban* dengan MAPL 161 dB, diperoleh jarak maksimum teoritis sekitar 10.9 km. Namun, untuk mempertimbangkan kondisi lingkungan urban, interferensi, dan kualitas layanan, radius sel operasional ditetapkan lebih kecil pada tahap simulasi. Untuk nilai faktor koreksi pada UE dibedakan berdasarkan tipe propagasi area yang digunakan. Untuk area Jakarta dengan

menggunakan frekuensi kerja 900 MHz, maka akan menggunakan persamaan (2) untuk menghitung faktor koreksi UE (Yaqoob et al: 2017):

$$a(hre) = 3.2 [(\log(11.75 hre))] - 4.79 ; \text{ untuk frekuensi } \geq 300 \text{ MHz} \quad (2)$$

B. Perhitungan Radius Sel dan Jumlah Site

Berdasarkan hasil perhitungan model propagasi *Hata Urban* dengan parameter frekuensi 900 MHz, tinggi antenna eNodeB 35 m, dan tinggi perangkat pengguna 1,5 m, diperoleh jarak maksimum teoritis yang cukup besar. Namun, nilai tersebut merupakan batas teoritis maksimum. Untuk menjamin kualitas layanan yang lebih realistis dengan mempertimbangkan interferensi, penetrasi bangunan, dan kestabilan SINR, maka pada tahap perancangan jaringan digunakan radius sel operasional sebesar 4 km berdasarkan *site existing*, yang umum digunakan untuk perencanaan NB-IoT pada area *urban*.

Luas cakupan satu sel dihitung menggunakan pendekatan sel heksagonal, yang umum digunakan dalam perencanaan jaringan seluler, dengan persamaan:

$$L_{\text{cell}} = 2.6 \times d^2 \quad (3)$$

dengan d merupakan radius sel (km) yang digunakan pada *site existing* ialah 4 km. Maka, luas *cell* nya ialah sebesar 41.6 km^2 . Jumlah *site* yang dibutuhkan untuk mencakup wilayah perencanaan ditentukan berdasarkan perbandingan antara luas wilayah perencanaan (L_{area}) dan luas cakupan seluruh *cell* (L_{cell}), yaitu:

$$N_{\text{cell}} = \frac{L_{\text{area}}}{L_{\text{cell}}} \quad (4)$$

Sehingga, berdasarkan perhitungan di persamaan (4), jika luas wilayah Yogyakarta adalah sebesar 32.5 km^2 , maka diperoleh jumlah *site* nya sebesar 0.26 *site*. Nilai ini menunjukkan bahwa secara teoritis satu *site* sudah cukup untuk mencakup wilayah penelitian. Namun, untuk menghasilkan distribusi sinyal yang lebih merata serta meningkatkan keandalan jaringan, perancangan dan simulasi jaringan NB-IoT pada penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan *site existing* yang tersedia di wilayah Yogyakarta. Pendekatan ini dipilih untuk merepresentasikan kondisi jaringan aktual dan menghasilkan analisis performa yang lebih realistis.

C. Parameter Performansi Jaringan

Pada penelitian ini performansi perancangan jaringan dilakukan dengan melihat tiga jenis parameter yaitu:

1. Parameter Performansi Jaringan RSRP

RSRP merupakan parameter utama yang digunakan untuk mengukur kekuatan sinyal referensi yang diterima oleh perangkat pengguna dari *base station*. RSRP merepresentasikan kualitas cakupan jaringan dan digunakan sebagai indikator seberapa baik sinyal dapat menjangkau suatu area.

Tabel 2. Parameter KPI untuk RSRP

Kategori	Rentang Nilai(dBm)
Sangat Baik	≥ -85
Baik	$-92 \leq \text{RSRP} < -85$
Cukup Baik	$-102 \leq \text{RSRP} < -92$
Buruk	$-120 \leq \text{RSRP} < -102$

2. Parameter Performansi Jaringan SINR

SNR merupakan parameter yang menggambarkan kualitas sinyal dengan membandingkan daya sinyal yang diterima terhadap daya derau (*noise*) pada kanal komunikasi. SNR digunakan untuk menilai seberapa baik sinyal dapat dipisahkan dari gangguan derau, yang secara langsung memengaruhi keandalan komunikasi data.

Tabel 3. Parameter KPI untuk SINR

Kategori	Rentang Nilai(dBm)
Sangat Baik	$10 \leq \text{SINR} \leq 30$
Baik	$3 \leq \text{SINR} < 10$
Cukup Baik	$0 \leq \text{SINR} < 3$
Buruk	$-20 \leq \text{SINR} < 0$

3. Parameter Performansi Jaringan *Throughput*

Throughput merupakan parameter yang menunjukkan kecepatan transfer data efektif yang dapat dicapai oleh jaringan dalam satuan bit per detik (bps). *Throughput* menggambarkan kemampuan jaringan dalam mendukung pengiriman data pengguna, setelah mempertimbangkan faktor-faktor seperti kualitas sinyal, *noise*, dan mekanisme *protocol*.

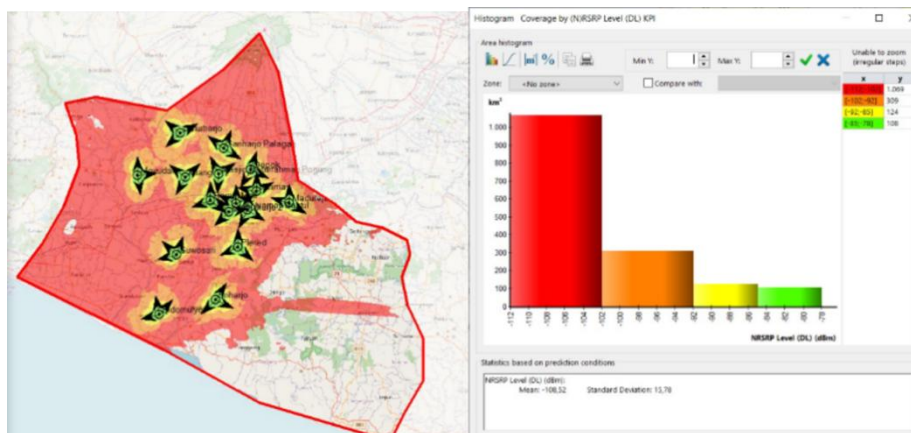
Tabel 4. Parameter KPI untuk *Throughput*

Kategori	Rentang Nilai (bps)
Sangat Baik	≥ 14.000
Baik	$7.000 < \text{Throughput} < 14.000$
Cukup Baik	$1.000 < \text{Throughput} \leq 7.000$
Buruk	$512 < \text{Throughput} \leq 1000$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

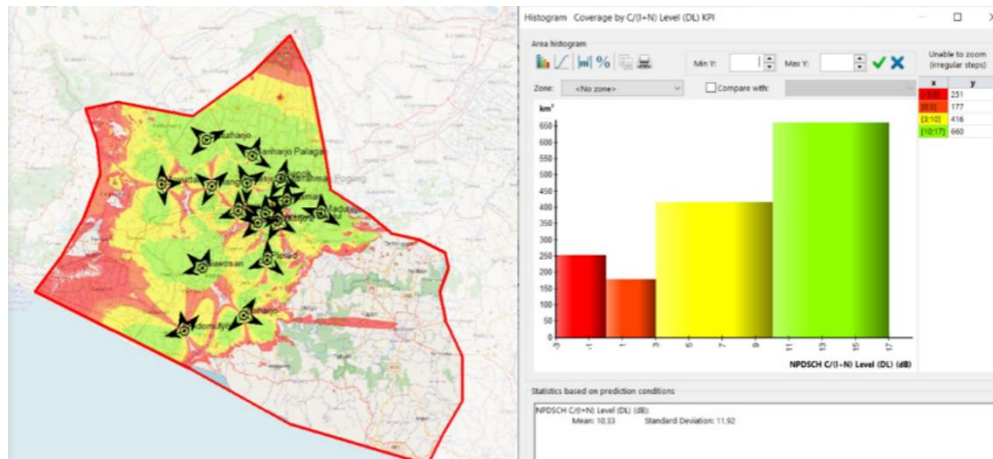
Jaringan NB-IoT dirancang dengan menggunakan skema *standalone* pada frekuensi 900 MHz. Pemilihan skema *standalone* didasarkan pada ketersediaan spektrum hasil *refarming* GSM 900 MHz, yang memungkinkan NB-IoT beroperasi secara independen tanpa berbagi *resource* dengan layanan LTE. Skema ini memberikan keunggulan dalam hal fleksibilitas implementasi dan pengendalian interferensi, sehingga sesuai untuk layanan IoT berdata rendah seperti *smart metering*. Selain itu, penggunaan frekuensi 900 MHz memberikan karakteristik propagasi yang lebih baik dibandingkan frekuensi yang lebih tinggi, sehingga mendukung cakupan luas sesuai dengan tujuan perancangan jaringan.

Gambar 3 menunjukkan hasil simulasi RSRP pada frekuensi 900 MHz *standalone*. Nilai rata-rata yang diperoleh adalah -108,52 dBm. Hasil ini memperlihatkan bahwa sinyal mampu menjangkau area luas dengan kekuatan yang cukup meskipun masih berada pada kategori normal. Walaupun masih terdapat area yang belum ter-cover dengan baik. Luas cakupan bersadarkan hasil simulasi sejalan dengan perhitungan teoritis menggunakan model propagasi *Okumura Hatta Urban*, di mana frekuensi 900 MHz dan tinggi antena eNodeB 35 m menghasilkan jangkauan sinyal yang relatif luas. Meskipun perhitungan teoritis menunjukkan jarak maksimum sel yang cukup besar, dalam simulasi jaringan digunakan radius operasional yang lebih realistis untuk mempertimbangkan kondisi lingkungan urban.



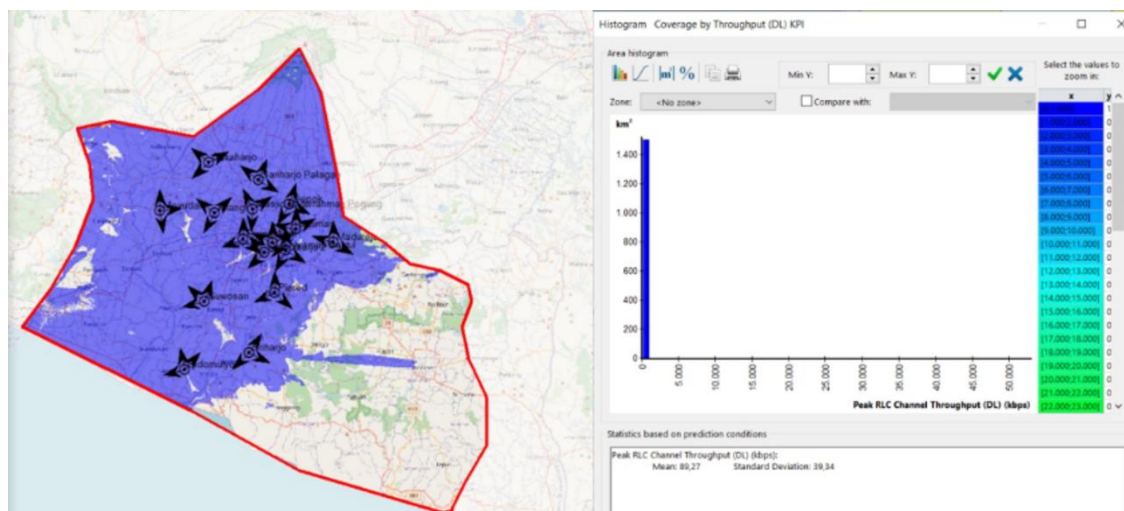
Gambar 3. Hasil Simulasi RSRP untuk NB-IoT

Gambar 4 berikut menunjukkan distribusi nilai SINR pada 900 MHz *standalone*. Rata-rata SINR tercatat 10,33 dB. Nilai ini menunjukkan kualitas sinyal cukup baik, sehingga koneksi NB-IoT tetap dapat berjalan stabil. Hal ini mungkin disebabkan oleh rendahnya tingkat interferensi pada frekuensi rendah, sehingga kualitas penerimaan sinyal lebih terjaga. Area dengan nilai RSRP yang lebih tinggi cenderung memiliki nilai SNR yang lebih baik, sedangkan area dengan RSRP rendah menunjukkan penurunan nilai SNR. Namun, karena skema *standalone* digunakan, tingkat interferensi antar sistem dapat ditekan, sehingga penurunan SNR tidak terlalu signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa skema *standalone* memberikan keuntungan dalam menjaga kualitas sinyal, terutama pada area dengan kepadatan *site* yang relatif tinggi.



Gambar 4. Hasil Simulasi SINR untuk NB-IoT (BPS, 2024)

Gambar 5 menunjukkan hasil *throughput* pada skema *standalone*. Nilai rata-rata *throughput* yang diperoleh hanya 89,27 kbps. Nilai ini sangat rendah, sehingga penggunaannya cocok untuk komunikasi data berukuran kecil. Nilai *throughput* yang relatif rendah ini tidak menunjukkan keterbatasan performa jaringan, melainkan mencerminkan karakteristik NB-IoT yang memang dirancang untuk mendukung transmisi data berukuran kecil secara periodik. Secara teoritis, *throughput* dipengaruhi oleh kualitas sinyal (RSRP), kualitas kanal (SNR), serta *bandwidth* yang tersedia. Karena NB-IoT hanya menggunakan *bandwidth* sempit (200 kHz), maka *throughput* maksimum yang dihasilkan memang terbatas. Korelasi antara *throughput* dengan parameter RSRP dan SNR terlihat jelas, di mana area dengan RSRP dan SNR yang lebih baik cenderung menghasilkan *throughput* yang lebih stabil. Sebaliknya, pada area dengan RSRP dan SNR yang lebih rendah, *throughput* mengalami penurunan, meskipun masih berada dalam batas yang dapat diterima untuk layanan *smart metering*. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga parameter performansi saling terkait dan secara bersama-sama menentukan kualitas layanan jaringan NB-IoT.

Gambar 5. Hasil Simulasi SINR untuk *Throughput*

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil perancangan dan simulasi jaringan NB-IoT frekuensi 900 MHz dengan skema *standalone* di wilayah Yogyakarta, dapat disimpulkan bahwa jaringan yang dirancang mampu menyediakan cakupan dan kualitas layanan yang memadai untuk mendukung aplikasi *smart metering*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai RSRP pada sebagian besar area berada pada kategori cukup baik hingga baik, nilai SNR didominasi oleh nilai positif yang mengindikasikan kualitas sinyal yang stabil, serta *throughput* yang relatif rendah namun konsisten, sesuai dengan karakteristik NB-IoT sebagai teknologi IoT berdata rendah dan berdaya rendah. Korelasi antara RSRP, SNR, dan *throughput* menunjukkan bahwa kekuatan sinyal yang memadai menghasilkan kualitas kanal yang baik sehingga memungkinkan transmisi data yang stabil meskipun menggunakan *bandwidth* sempit. Pemanfaatan skema *standalone* pada frekuensi 900 MHz juga terbukti mampu meminimalkan

interferensi dan mendukung cakupan luas, sehingga jaringan NB-IoT dinilai layak untuk diimplementasikan sebagai infrastruktur pendukung layanan *smart metering*. Untuk pengembangan selanjutnya, penelitian dapat diperluas dengan analisis kapasitas yang lebih mendalam, pengujian lapangan, serta kajian integrasi NB-IoT dalam arsitektur jaringan *5G non-standalone* dan *5G Advanced* guna memperoleh gambaran performa yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- 3GPP. (2015). Cellular system support for ultra-low complexity and low throughput Internet of Things (IoT) (3GPP TR 45.820 V13.1.0). 3rd Generation Partnership Project. <https://www.3gpp.org>
- Adhikary, A., Lin, X., & Wang, Y.-P. E. (2016). Performance evaluation of NB-IoT coverage. 2016 IEEE 84th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall), 1–5. <https://doi.org/10.1109/VTCFall.2016.7881160>
- Amelia, N., Ginting, M. B., Larasati, S., & Sinurat, R. (2025). NB-IoT network planning for smart metering deployment in Purwokerto. TELEKONTRAN: Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan, 13(2), 56–65. <https://doi.org/10.34010/telekontran.v13i2.17625>
- Badan Pusat Statistik Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. (2024). Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dalam angka 2024. BPS Provinsi DIY. <https://yogyakarta.bps.go.id>
- Bali, M. S., Gupta, K., Bali, K. K., & Singh, P. K. (2022). Towards energy efficient NB-IoT: A survey on evaluating its suitability for smart applications
- Fattah, H. (2019). 5G LTE narrowband Internet of Things (NB-IoT). Springer
- Ditjen SDPPI Teknologi informasi dan Informatika / Postel. (2024). Laporan Kinerja / Penataan ulang pita frekuensi 800 MHz dan 900 MHz. <https://postel.go.id/>
- Ginting, M. B. (2023). Perancangan jaringan narrowband internet of things (NB-IoT) menggunakan skenario in-band di area Jakarta. TELEKONTRAN: Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan, 11(1), 48–57. <https://doi.org/10.34010/telekontran.v11i1.9854>
- Ginting, M. B., Larasati, S., Hikmaturokhman, A., & Amelia, N. (2025). The design of NB-IoT network for smart metering infrastructure in residential area. Journal of Telecommunication, Electronics, and Control Engineering (JTECE), 7(1), 23–31. <https://doi.org/10.20895/JTECE.V7I1.1619>
- Mekki, K., Bajic, E., Chaxel, F., & Meyer, F. (2019). A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment. ICT Express, 5(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.ict.2017.12.005>
- Michel, D. D. E., David, M., Cyrille, C. F., & Sone, M. E. (2022). Design of an NB-IoT smart metering solution: Coverage and capacity planning: Case of Yaoundé and Douala. International Journal of Computer Applications, 184(2), 20–30
- Ratasuk, R., Vejlggaard, B., Mangalvedhe, N., & Ghosh, A. (2016). NB-IoT system for M2M communication. 2016 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 1–5. <https://doi.org/10.1109/WCNC.2016.7564708>
- Sinha, R. S., Wei, Y., & Hwang, S.-H. (2017). A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT. ICT Express, 3(1), 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.ict.2017.03.004>
- Wang, Y.-P. E., Lin, X., Adhikary, A., Grövlén, A., Sui, Y., Blankenship, Y., Bergman, J., & Razaghi, H. S. (2017). A primer on 3GPP narrowband Internet of Things. IEEE Communications Magazine, 55(3), 117–123. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1600510CM>
- Yaqoob, I., Ahmed, E., Gani, A., Imran, M., & Guizani, S. (2017). Internet of Things architecture: Recent advances, taxonomy, requirements, and open challenges. IEEE Wireless Communications, 24(3), 10–16. <https://doi.org/10.1109/MWC.2017.1600421>