

Perancangan Jaringan *Narrowband Internet of Things* (NB-IoT) Menggunakan Skenario *In-Band* di Area Jakarta

Planning Narrowband Internet of Things (NB-IoT) Network Using In-Band Scenarios in Jakarta Area

Melinda Br Ginting

Institut Teknologi Telkom Purwokerto, Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro, Jl.D.I Panjaitan No.128

Purwokerto, 53147, Jawa Tengah, Indonesia

Email : melinda.ginting@ittelkom-pwt.ac.id

Abstrak - *Internet of Things* (IoT) telah menjadi salah satu tren terkini dalam industri telekomunikasi, di mana berbagai perangkat dan sensor dapat terhubung dan berinteraksi melalui jaringan. *Narrowband Internet of Things* (NB-IoT) adalah salah satu teknologi konektivitas IoT yang memberikan keunggulan dalam hal penggunaan energi yang efisien, jangkauan yang luas, dan konektivitas yang handal. Penelitian ini bertujuan untuk mencari tahu, apakah perancangan jaringan NB-IoT dengan skema *In-Band* dapat dilakukan di area Jakarta, yang merupakan kota metropolitan dengan populasi yang padat. Skenario *In-band* mengacu pada penggunaan frekuensi 900 MHz di Jakarta. Tahap awal penelitian ini melakukan perhitungan estimasi kepadatan dan kebutuhan konektivitas IoT di area Jakarta. Selanjutnya, dilakukan perencanaan dan pengaturan parameter jaringan dengan menggunakan perangkat lunak Atoll untuk melakukan simulasi NB-IoT pada jaringan seluler yang ada. Selanjutnya, akan dilakukan analisa perancangan jaringan secara kapasitas dan *coverage* terhadap layanan NB-IoT dengan menggunakan parameter *link budget*. Analisis performansi dilakukan terhadap parameter *Received Signal Reference Power* (RSRP), *Signal to Interference Noise Ratio* (SINR), *user connected*, dan *throughput*. Dari hasil simulasi diperoleh untuk Parameter performansi kapasitas terhadap *user connected* diperoleh jumlah *user* yang terhubung dengan jaringan NB-IoT sebesar 140.778 *device user* dari total *user* nya 176.823 yang harus terhubung ke jaringan terdapat 79,6 % yang terhubung di Jakarta. *Throughput* yang dihasilkan ialah sebesar 689,47 Mbps untuk skema *In-Band* lebih besar dari skema *standalone*. Performansi *coverage* yang dianalisa ialah nilai SINR dengan nilai sebesar 4,18 dB yang termasuk kedalam kategori bagus dan nilai rata-rata RSRP yang sebesar -93,31 dBm dikategori baik secara cakupan. Hasil dari performansi simulasi dapat disimpulkan bahwa perancangan jaringan NB-IoT dengan skema *In-Band* dapat dilakukan di area Jakarta.

Kata kunci : NB-IoT, *In-Band*, RSRP, SINR.

Abstract - *The Internet of Things* (IoT) has become one of the latest trends in the telecommunications industry, where various devices and sensors can connect and interact through networks. *Narrowband Internet of Things* (NB-IoT) is one of the IoT connectivity technologies that provides advantages in terms of efficient energy use, wide coverage, and reliable connectivity. This research aims to find out whether NB-IoT network design with an *In-Band* scheme can be carried out in the Jakarta area, which is a metropolitan city with a dense population. The *In-band* scenario refers to the use of the 900 MHz frequency in Jakarta. The initial stage of this research is to calculate the estimated density and IoT connectivity needs in the Jakarta area. Next, network planning and parameter settings are carried out using Atoll software to simulate NB-IoT on existing cellular networks. Furthermore, network design will be analyzed in terms of capacity and coverage of NB-IoT services using link budget parameters. Performance analysis is performed on *Received Signal Reference Power* (RSRP), *Signal to Interference Noise Ratio* (SINR), *user connected*, and *throughput* parameters. From the simulation results obtained for the capacity performance parameters of the *user connected*, the number of users connected to the NB-IoT network is 140,778 user devices out of a total of 176,823 users who must be connected to the network there are 79.6% connected in Jakarta. The resulting throughput is 689.47 Mbps for the *In-Band* scheme which is greater than the *standalone* scheme. The coverage performance analyzed is the SINR value with a value of 4.18 dB which is included in the good category and the average RSRP value of -93.31 dBm is categorized as good coverage. The results of simulation performance can be concluded that the design of NB-IoT network with *In-Band* scheme can be done in Jakarta area.

Keywords : NB-IoT, *In-Band*, RSRP, SINR.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan telekomunikasi terus berlangsung dengan pesat, terbukti dari munculnya berbagai teknologi terbaru yang mendukung komunikasi. Salah satunya adalah IoT, di mana komunikasi tidak hanya melibatkan manusia, tetapi juga perangkat yang terhubung menggunakan pita kecil (*narrowband*) untuk mentransfer data. *Narrowband internet of things* (NB-IoT) adalah teknologi komunikasi yang menggunakan pita kecil, memiliki latensi 10 detik, dan mampu menampung lebih dari 50.000 perangkat per sel atau sekitar 40 perangkat dalam satu rumah. Kelebihan lainnya adalah daya tahan baterai yang mencapai 10 tahun. NB-IoT memanfaatkan frekuensi 900 MHz pada jaringan LTE dengan *bandwidth Long Term Evolutions* (LTE) 10 MHz [1].

IoT telah menjadi tren yang signifikan dalam perkembangan teknologi informasi dan komunikasi. Konsep IoT melibatkan jaringan yang terhubung dengan berbagai perangkat, mulai dari perangkat rumah tangga hingga infrastruktur perkotaan, dengan tujuan untuk memfasilitasi pertukaran data yang lebih efisien dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat [2].

Salah satu tantangan dalam implementasi IoT di daerah perkotaan, seperti Jakarta adalah penyediaan konektivitas yang andal dan efisien. Kebutuhan akan konektivitas yang stabil dan terjangkau menjadi kunci untuk mendukung aplikasi IoT yang melibatkan banyak perangkat yang terhubung, seperti *Smart City*, *Smart Transportation*, dan *Smart Energi* [3].

Dalam konteks ini, teknologi NB-IoT hadir sebagai solusi yang menjanjikan untuk mendukung implementasi IoT di daerah perkotaan. NB-IoT merupakan standar komunikasi nirkabel yang dioptimalkan untuk aplikasi IoT dengan kebutuhan data yang rendah namun memiliki cakupan yang luas. Dibandingkan dengan teknologi seluler tradisional, NB-IoT menawarkan konsumsi daya yang rendah, jangkauan yang lebih luas, dan konektivitas yang andal.

Kota Jakarta sebagai salah satu kota metropolitan yang padat penduduknya dan memiliki tingkat *urbanisasi* yang tinggi, memerlukan solusi konektivitas yang mampu mengatasi tantangan lingkungan perkotaan yang kompleks. Implementasi skenario *In-Band* untuk NB-IoT di area Jakarta menjadi sangat relevan, mengingat pentingnya infrastruktur komunikasi yang handal dan efisien untuk mendukung berbagai aplikasi IoT di kota ini.

Namun, implementasi NB-IoT di area Jakarta juga menghadapi tantangan tersendiri. Area perkotaan yang padat penduduknya dan jumlah perangkat yang terhubung secara simultan menimbulkan masalah seperti interferensi dan pengelolaan spektrum frekuensi. Oleh karena itu, penting untuk melakukan eksplorasi dan implementasi skenario *In-Band* untuk teknologi NB-IoT di area Jakarta dengan frekuensi 900 MHz, dengan tujuan mengoptimalkan kualitas konektivitas dan kinerja jaringan. Simulasi untuk implementasi jaringan NB-IoT menggunakan skema *In-Band* dilakukan dengan memanfaatkan alokasi band frekuensi yang sudah digunakan pada teknologi LTE.

Pada tahun 2018, operator telekomunikasi di Indonesia mengkomersialkan teknologi NB-IoT melalui ujicoba implementasi "Bike Sharing" di Universitas Indonesia. Ujicoba tersebut dilakukan dalam bentuk aplikasi yang memanfaatkan teknologi NB-IoT [10].

Penelitian terkait NB-IoT mencakup dalam aspek ekonomi terhadap layanan performansi yang diberikan. Salah satu nya ialah terkait monitoring energi yang masih dilakukan secara manual. Perencanaan yang dilakukan ialah dengan memanfaatkan *Advance Metering Infrastructure* (AMI) dengan memanfaatkan aplikasi smart metering yang berpotensi menggunakan jaringan NB-IoT di area *Urban* [8].

Penelitian yang dilakukan oleh Mangalvedhe Nitin pada tahun 2016 dengan judul "NB-IoT Deployment Study For Low Power Area Cellular IoT" membahas tentang penempatan teknologi NB-IoT pada LTE serta menjelaskan skema model dari NB-IoT. Penelitian tersebut juga menghasilkan parameter yang menjelaskan pengaruh *Multiple Cells Loading* (MCL) terhadap nilai *Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio* (SINR) [11].

Penelitian lainnya, yang berhubungan dengan NB-IoT ialah perancangan jaringan NB-IoT dengan menggunakan skenario *standalone* dengan menggunakan *bandwidth* sebesar 200 kHz dan frekuensi 900 MHz untuk area Jakarta. Perancangan jaringan NB-IoT yang dilakukan di Jakarta dengan menggunakan skenario *standalone* yang mengalokasikan *bandwidth* sebesar 200 kHz untuk perancangan jaringan NB-IoT di Jakarta.

Pada penelitian ini, penulis melakukan percobaan perancangan jaringan NB-IoT dengan menggunakan skema lain yaitu skema *In-Band*. Penelitian sebelumnya terkait jaringan NB-IoT belum ada yang melakukan percobaan jaringan dengan skema *standalone*. Perbedaan kedua skema

tersebut terletak pada alokasi bandwidth dan daya yang digunakan. Penelitian ini dilakukan daerah *urban* dengan mempertimbangkan *bandwidth* yang digunakan sebesar 10 MHz yang ada pada skenario *In-Band* dan daya sebesar 35 dBm. Hasil dari penelitian diharapkan menunjukkan perbandingan antara skema *standalone* dan skema *In-Band* yang dapat dilihat dari pengaruh *bandwidth* dan daya yang digunakan.

II. METODOLOGI

Penelitian ini melakukan pengujian dengan cara mensimulasikan data parameter dari NB-IoT menggunakan *software* Atoll. Pada penelitian ini, menggunakan skenario *In-Band* sebagai bahan analisa dan kajian dari performansi jaringan NB-IoT.

Penelitian ini, akan melakukan perancangan jaringan untuk NB-IoT pada frekuensi 900 MHz Di Kota Jakarta dengan menggunakan *site existing*. Hasil dari perancangan jaringan NB-IoT akan menjadi acuan untuk melakukan implementasi NB-IoT dengan skenario *In-Band* di Jakarta. Untuk melakukan suatu perancangan jaringan dan melakukan simulasi perancangan jaringan tersebut, dibutuhkan suatu perhitungan untuk mengetahui jumlah estimasi *site* yang dibutuhkan pada area Jakarta.

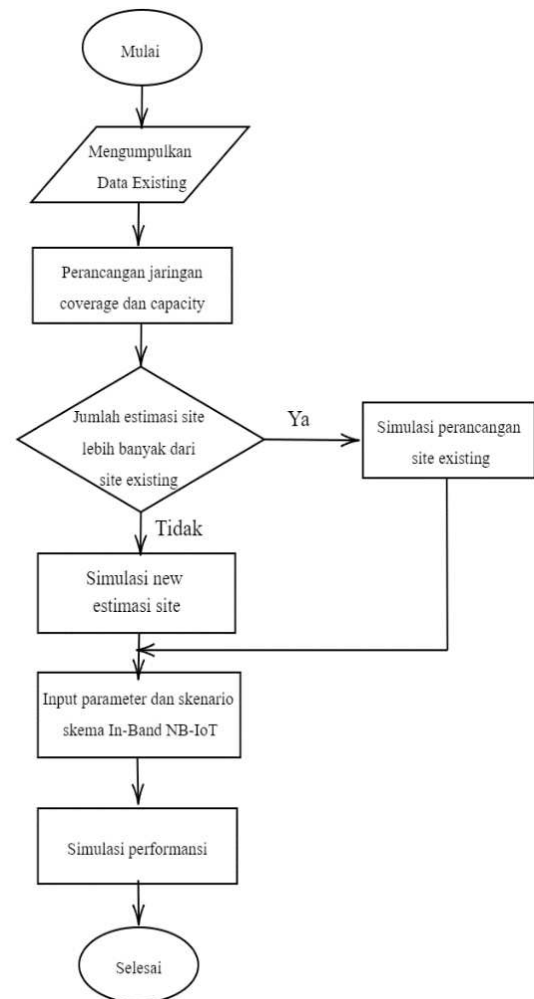
Apabila jumlah *site* estimasi lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah *site existing* yang sudah ada. Maka, simulasi perancangan jaringan dilakukan dengan menggunakan *site existing*. Simulasi perancangan dilakukan dengan menggunakan *software* atoll 3.3.2 dengan skenario skema *In-Band* NB-IoT yaitu Skema *In-Band*.

Dalam skema sistem NB-IoT *In-Band* dengan PRB cadangan, satu atau lebih Physical Resource Blocks (PRB) digunakan sebagai cadangan khusus untuk NB-IoT. PRB cadangan ini terletak di antara PRB yang digunakan oleh layanan NB-IoT lainnya. Sinyal NB-IoT tidak ditransmisikan dalam bentuk waktu frekuensi seperti yang dilakukan dalam sistem LTE. Sebaliknya, daya total yang tersedia dari eNodeB (stasiun basis pada jaringan LTE) yang memiliki total daya sebesar 15 dibagi antara layanan LTE dan NB-IoT menggunakan *power spectral density* (PSD).

Dengan meningkatkan PRB pada NB-IoT melalui penggunaan PSD, alokasi PRB antara NB-IoT dan LTE menjadi lebih efisien dan terstruktur. Hal ini memungkinkan peningkatan kapasitas perangkat di jaringan NB-IoT ketika mengakses jaringan tersebut.

Dengan demikian, skema NB-IoT *In-Band* dengan PRB cadangan memungkinkan

penggunaan yang lebih efisien dari sumber daya spektrum yang tersedia, memperkuat kapasitas jaringan NB-IoT, dan memungkinkan akses yang lebih baik bagi perangkat yang terhubung ke jaringan tersebut. Pada perancangan tersebut dibedakan berdasarkan *power* dan *bandwidth* yang digunakan yaitu skema *In-Band* dengan *power* 35 dBm dan *bandwidth* 10 MHz. **Gambar 1.** Menunjukkan diagram alur penelitian yang akan dilakukan pada penelitian implementasi skema *In-Band* NB-IoT di Jakarta.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

A. Perancangan Jaringan Secara Coverage

Implementasi skenario *In-Band* NB-IoT di penelitian ini dapat di analisa dengan metode perancangan jaringan NB-IoT dari sisi *coverage*. Perancangan jaringan NB-IoT dengan skema *In-Band* ini menggunakan frekuensi kerja di 900 MHz. Untuk perancangan *site* dilakukan menggunakan data *site existing* yang terdapat di area Jakarta.

Pada perancangan jaringan *coverage* untuk skema *In-Band* NB-IoT ini, akan dilakukan

perhitungan untuk mengetahui jumlah estimasi *site* untuk area Jakarta. Jika jumlah *site* estimasi yang diperoleh dari perhitungan lebih sedikit, dibandingkan dengan *site existing*. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan perancangan jaringan *coverage* dengan menggunakan *site existing*.

Untuk menghitung jumlah estimasi *site* yang ada pada area Jakarta dapat menggunakan persamaan (1) [4]:

$$L_{urban} = 69 + 26,15 \log f_c - 13,82 \log h_{te} - a(h_{re}) + (44,9 - 6,55 \log h_{te}) \log d \quad (1)$$

Dimana untuk f_c adalah Frekuensi dari 150 MHz sampai 1500 MHz, h_{te} adalah Tinggi efektif dari eNodeB dengan kisaran 30 m sampai 200 m, h_{re} adalah tinggi efektif antenna UE dari 1 m hingga 10 m, d merupakan jarak antara eNodeB dengan UE (km) dan $a(h_{re})$ adalah Faktor koreksi untuk tinggi efektif antenna UE.

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:

$$a(h_{re}) = 3,2 \left[\left(\log (11,75 h_{re}) \right) \right] - 4,79 ; \text{ untuk } f \geq 300 \text{ MHz} \quad (2)$$

Untuk perhitungan jumlah estimasi *site* yang terdapat di area Jakarta dapat menggunakan persamaan (3) [5]:

$$L_{cell} = 2,6 \times d^2 \quad (3)$$

Dimana L_{cell} adalah luas cakupan *cell* dan d adalah radius *cell*. Setelah mengetahui luas cakupan *cell*, selanjutnya mencari jumlah *cell* pada area Jakarta dengan persamaan (4):

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

Setelah mengetahui jumlah *cell*, selanjutnya dapat mencari jumlah *site* dengan bersamaan (5):

$$\text{Jumlah site} = \frac{\text{Jumlah cell}}{3} \quad (5)$$

B. Parameter NB-IoT

Pada penelitian ini, parameter NB-IoT yang digunakan sesuai dengan standarisasi spesifikasi pada tabel berikut. **Tabel I** berisikan parameter NB-IoT yang akan digunakan saat melakukan

simulasi perancangan jaringan NB-IoT menggunakan skema *In-Band* di area Jakarta. Dimana, skema *In-Band* akan ditambahkan pada teknologi jaringan LTE yang akan digunakan.

Tabel 1. Parameter NB-IoT

Parameter	Value
Frekuensi Band	900 MHz
Bandwidth	180 Khz
Propagasi Area	Urban
Spesifikasi Antena	In-Band (2 Tx antena dan 2 Rx antena)
Daya (Power)	35 dBm

C. Skema In-Band NB-IoT

In-Band adalah salah satu Skema model performansi pada LTE NB-IoT. Skema model ini digunakan pada frekuensi kerja 900 MHz dan memiliki *bandwidth* sebesar 10 MHz. Konsep kerja skema *In-Band* NB-IoT adalah dengan memanfaatkan penggunaan dan pengalokasian 1 PRB dari total PRB pada *bandwidth* yang diperoleh dari teknologi LTE dan untuk kanal NB-IoT yang akan digunakan khusus untuk *device* yang akan digunakan pada teknologi NB-IoT.

Tabel II menunjukkan spesifikasi parameter yang akan digunakan saat melakukan simulasi skema *In-Band* NB-IoT di *software* Atoll. Parameter – parameter di tabel tersebut, akan menentukan hasil simulasi yang akan di analisa sebagai bentuk justifikasi implementasi NB-IoT di area Jakarta.

Tabel II. Spesifikasi Parameter *In-Band* [7]

Parameter	Value
Frekuensi (MHz)	900
Tx Power (dBm)	35
Bandwidth (dBm)	10
Channel Bandwidth (Khz)	180
Receiver sensitifitas	-129
SINR (dB)	-12.6
Loss (MCL)(dB)	164

B. Perancangan Jaringan Secara Capacity

Metode lain yang digunakan untuk implementasi jaringan NB-IoT dengan skema *In-Band* di area Jakarta adalah dengan melakukan perancangan jaringan secara *capacity*. Pada perancangan jaringan secara *capacity* terdapat beberapa parameter pendukung yang perlu di perhatikan.

1. Persentase (%) Penduduk

Persentase (%) jumlah penduduk yang dimaksud adalah persentase jumlah penduduk di Jakarta terhadap jumlah penduduk yang ada di Indonesia. Adapun perhitungan untuk mencari nilai persentase penduduk (%) pada persamaan (6) [5].

$$\text{Persentase (\%)} = \frac{\text{Jumlah penduduk Jakarta}}{\text{Jumlah penduduk Indonesia}} \times 100 \quad (6)$$

2. Estimasi IoT Device

Penelitian ini melakukan perhitungan estimasi IoT device untuk mengetahui jumlah IoT device yang ada di suatu area. Adapun perhitungan estimasi IoT device pada persamaan (7)[5].

$$\text{IoT Device} = \text{IoT Device Indonesia} \times \text{Persentase Penduduk (\%)} \quad (7)$$

3. Jumlah User/Density (km²)

Jumlah user/density menunjukkan kepadatan jumlah penduduk pada suatu area tertentu (km²). Hal ini bertujuan untuk memberikan estimasi secara spesifik untuk mengetahui jumlah pengguna IoT device berdasarkan luas area di persamaan (8)

$$\text{Jumlah user} = \frac{\text{Jumlah penduduk Jakarta}}{\text{Luas Jakarta}} \quad (8)$$

4. Jumlah IoT Device/User

Jumlah IoT device/user bertujuan untuk menghitung estimasi jumlah IoT device yang digunakan oleh setiap user dapat dilihat pada persamaan (9)

$$\text{Jumlah IoT Device} = \frac{\text{Jumlah IoT device Jakarta}}{\text{Jumlah penduduk Jakarta}} \quad (9)$$

5. Subscriber Device

Subscriber device adalah jumlah device berdasarkan luas cakupan area yang akan disimulasikan. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk memperoleh jumlah subscriber device dapat dilihat pada persamaan (10) [5].

$$\text{Subscriber Device} = \text{Jumlah User} \times \text{Jumlah device per user} \quad \dots(10)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, dilakukan perhitungan propagasi sebagai estimasi justifikasi saat melakukan simulasi pada software Atoll. Berikut merupakan tabel *Link Budget* untuk NB-IoT.

Tabel III merupakan tabel *Link Budget* akan digunakan untuk melakukan perhitungan propagasi dengan menggunakan propagasi Okumura Hatta [4]. Dimana perhitungan propagasi Okumura Hatta menggunakan frekuensi 900 MHz dengan *bandwidth* yang memiliki ialah sebesar 10 MHz dengan tinggi UE adalah 2 meter dan tinggi dari eNodeB sebesar 40 meter.

Tabel III. Link Budget Downlink NB-IoT

Parameter (1)	Nilai
Total Tx Power (dBm)(2)	46
Tx Power (dBm)(3)	35
Thermal Noise (dBm/Hz)(4)	-174
Receiver Noise (dB)(5)	5
Interferensi Margin (dB)(6)	0
Channel bandwidth (kHz)(7)	180
Efektifitas noise power (dBm)(8) = (3)+(4)+(5)+10log ₁₀ (6)	-116,4
SINR (DL)(dB)(9)	-12,6
Sensitifitas Receiver (dBm)(10) = (7)+(8)	-129
Coupling Loss (dB) = (2)-(9)+(10)	164

A. Perhitungan Parameter Perancangan Jaringan NB-IoT

Dari persamaan (1) – (5) dapat digunakan untuk melakukan kalkulasi guna mengetahui jumlah estimasi *site* dengan *site existing* untuk area Jakarta. Berikut merupakan table hasil perhitungan parameter perancangan jaringan NB-IoT di area Jakarta. Dari persamaan (1) – (3) akan menghasilkan nilai “d” yang menunjukkan radius *cell* suatu *site*, lalu dengan persamaan (4) – (5) menghasilkan jumlah estimasi *site* untuk area Jakarta.

Berdasarkan hasil dari perhitungan untuk mengetahui estimasi dari jumlah *site* yang dibutuhkan untuk melayani area Jakarta diperoleh sebesar 57 *site* untuk luas area sebesar 655,36 km². Sedangkan, jumlah *site* secara *existing* untuk area Jakarta diperoleh sebesar 132 *site*.

Hal ini menunjukkan bahwa hasil dari estimasi jumlah *site* tidak mampu untuk melayani seluruh area *Jakarta*. Oleh karena itu, pada penelitian ini menggunakan jumlah *site existing* dalam simulasi yang dilakukan untuk area *Jakarta*.

Dari perhitungan menggunakan persamaan (6) – (10) menghasilkan beberapa parameter yang akan digunakan untuk perancangan jaringan terhadap kapasitas. **Tabel IV** menunjukkan hasil perhitungan dari persamaan (6) – (10).

Tabel IV. Hasil perhitungan parameter

Parameter Perhitungan	Nilai
IoT Device Jakarta	13.854.750
Jumlah <i>user</i> /Km ²	15.879
IoT device/ <i>user</i>	1-2
Subscribe device/Km ²	31.758

B. Existing Skenario Standalone

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan perancangan jaringan menggunakan skenario *standalone* di area *Jakarta*. Pada skenario *standalone* menggunakan *bandwidth* sebesar 200 kHz dengan frekuensi 900 MHz.

Perancangan jaringan dengan skenario *standalone* melakukan analisis performansi kapasitas terhadap *user connected* dan *throughput*. Untuk analisis *coverage* terhadap RSRP, SINR dan BER. **Tabel V** menunjukkan hasil analisis performansi kapasitas yang diperoleh di skenario *Standalone*.

Tabel V. Analisis Performansi Kapasitas Skema *Standalone*

Performansi Kapasitas	Nilai
<i>User Connected</i>	107.933
<i>Throghput</i>	85 Mbps

Tabel VI menunjukkan hasil analisis performansi *coverage* terhadap RSRP dan SINR yang diperoleh untuk perancangan jaringan NB-IoT dengan skenario *Standalone*.

Tabel VI. Analisis Performansi *Coverage* Skema *Standalone*

Performansi Coverage	Nilai
RSRP	-68,53 dBm
SINR	4,73 dB

C. Perhitungan Downlink Throughput

Perhitungan *throughput* bertujuan untuk memberikan estimasi *throughput* yang diperoleh setiap *site* yang disimulasikan pada NB-IoT

dengan menggunakan skema *In-Band*. Untuk skema *In-Band* menggunakan *bandwidth* sebesar 10 MHz, 50 *resource block*, 14 OFDM *symbols*, 1/3 *coding rate*, *code bit* 2 (QPSK), 2 slot untuk skema *In-Band* menghasilkan *throughput* sebesar [7]:

Throughput cell

$$= 12 \text{ subscriber} \times 14 \text{ OFDM} \times \text{code bit} \times \text{coding rate} \times RB \times 2 \text{ slot} \dots (10)$$

$$= 1774,08 \text{ kbps}$$

Setelah mengetahui nilai *throughput cell*, selanjutnya akan mencari nilai *throughput total site* dengan persamaan sebagai berikut:

Throughput total site

$$= \text{Jumlah cell} \times \text{Throughput cell} \dots (11)$$

$$= 702,53 \text{ Mbps}$$

Sehingga, dapat diestimasi untuk implementasi NB-IoT dengan skema *In-Band* di area *Jakarta* yang memiliki 132 *site* memiliki total *throughput* 702,53 memiliki estimasi perhitungan perancangan jaringan seperti pada **Tabel VII**.

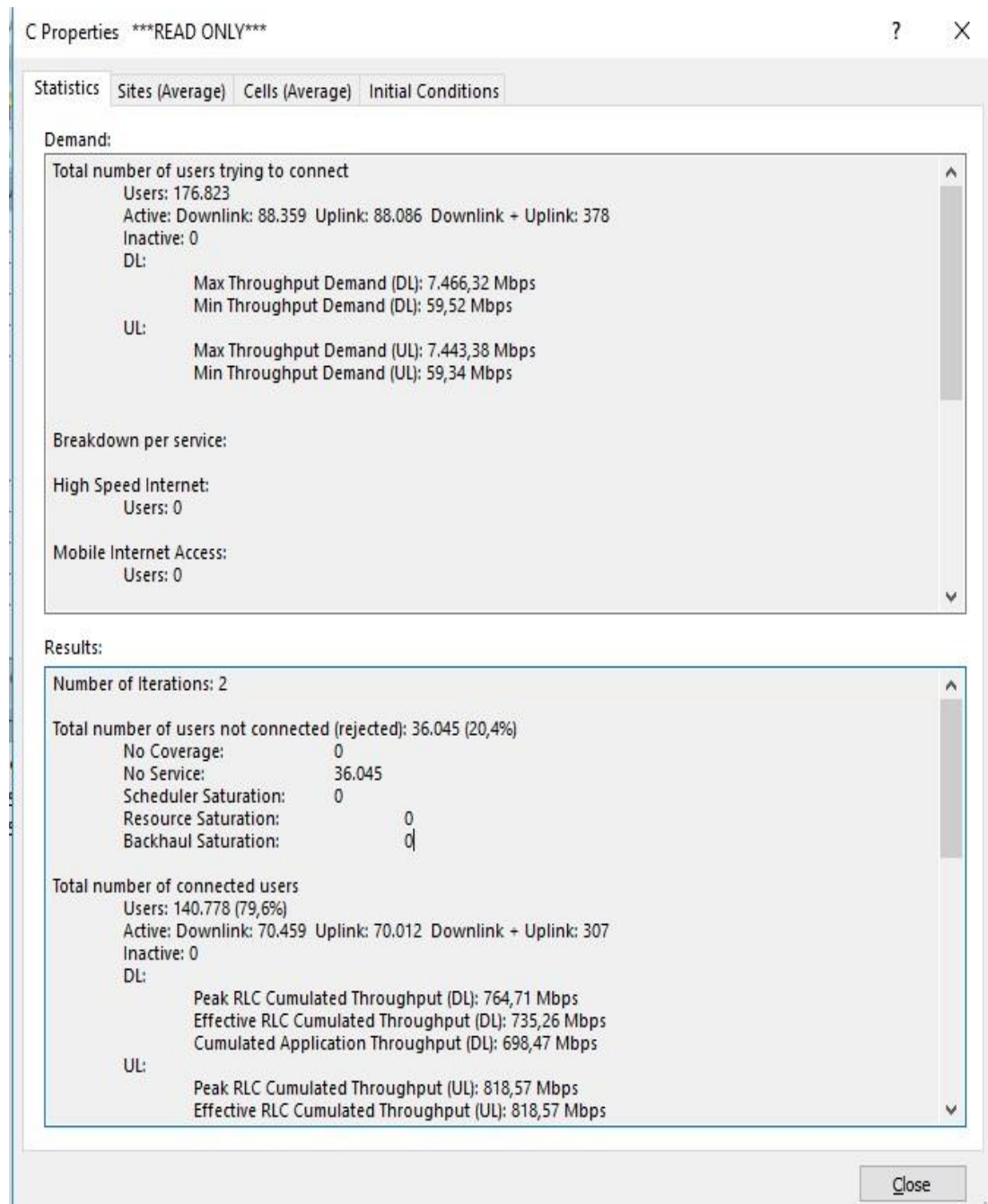
Tabel VII. Perhitungan Downlink Throughput

Parameter	Jumlah Estimasi
<i>Cell</i>	396
<i>Site</i>	132
<i>Throughput Cell</i> (Mbps)	11.088
<i>Throughput Site</i> (Mbps)	702,35

D. Hasil Simulasi Performansi Kapasitas

Performansi kapasitas untuk skema *In-Band* terhadap *user connected* bertujuan agar mengetahui jumlah *user* yang dapat di layani atau jumlah *user* yang terhubung dengan layanan NB-IoT di area *Jakarta* [6].

Gambar 2 merupakan hasil dari simulasi performansi kapasitas yang dilakukan pada skema *In-Band*. Dari hasil simulasi performansi parameter tersebut dengan jumlah *subscriber* 31.728 menghasilkan total *device user*, yang mencoba terhubung sebesar 176.823 *device user* dengan jumlah *device user* yang terhubung sebesar 79,6 % atau berjumlah 140.778 dan jumlah *device user* yang tidak terhubung sebesar 20,4 % sebesar 36.054 *device user*.

Gambar 2. Simulasi Kapasitas Skema *In-Band*

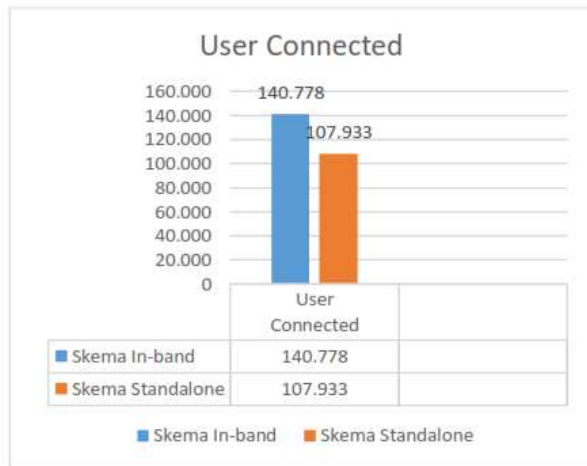
E. Analisa Performansi Kapasitas Terhadap *User Connected*

Hasil dari simulasi performansi kapasitas skema *In-Band user connected* dengan input subscriber *device* sebesar 31.785 dan jumlah *device user* yang mencoba terhubung sebesar 140.778 *device user* untuk skema *In-Band* di area Jakarta.

Gambar 3 merupakan grafik dari *user connected* terhadap skema *In-Band* dan skema *Standalone*. Berdasarkan dari hasil yang peroleh berdasarkan simulasi kapasitas terhadap parameter *user connected* pada skema *In-Band* memperoleh

jumlah *user connected* atau sebesar 78,6 % *device user*. Sedangkan, jika dibandingkan dengan skema *Standalone* yang memperoleh jumlah *device user* sebesar *device user* 48,3 % dari total *device user*.

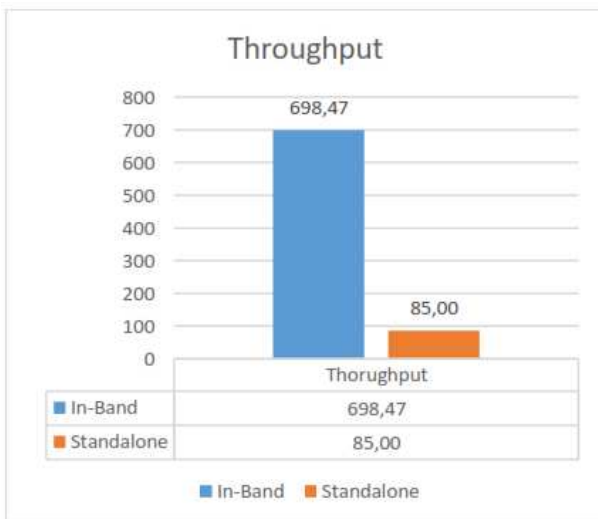
Berdasarkan hasil simulasi yang diperoleh pada penelitian NB-IoT ini pada skema *In-Band* untuk simulasi kapasitas terhadap *user connected* diperoleh skema *In-Band* memiliki jumlah *user connected* yang banyak. Hal ini menunjukkan teknologi NB-IoT mampu melayani *user* untuk area Jakarta dengan menggunakan *bandwidth* yang lebih besar dari *standalone* sebesar 10 MHz.

Gambar 3. Simulasi Performansi Kapasitas Skema *In-Band*.

F. Analisa Performansi Kapasitas Terhadap *Throughput*.

Performansi kapasitas terhadap *throughput* dilakukan untuk mengetahui besaran *throughput* yang dihasilkan berdasarkan banyak nya jumlah *user connected* yang terhubung.

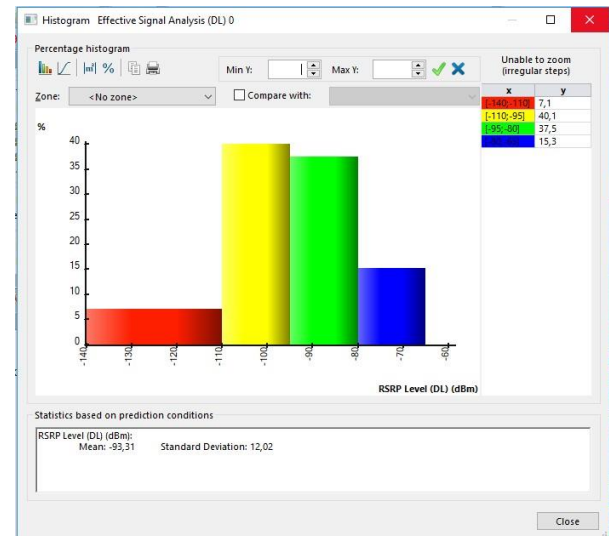
Gambar 4 adalah grafik dari nilai dari simulasi *throughput* yang diperoleh pada skema *In-Band* berdasarkan performansi kapasitas. Pada gambar tersebut dapat dilihat nilai *throughput* dari skema *In-Band* sebesar 698,47 Mbps. Sedangkan untuk nilai *throughput* yang diperoleh di skenario *standalone* sebesar 85,00 Mbps. *Throughput* pada skenario *In-band* lebih besar karena menggunakan *bandwidth* yang lebih besar dari skenario *standalone*.

Gambar 4. Grafik *Throughput* Skema *In-Band*.

G. Analisis Performansi *Coverage* Terhadap RSRP.

Analisis performansi *coverage* terhadap RSRP untuk implementasi NB-IoT di area Jakarta bertujuan untuk mengetahui nilai terima daya yang

diperoleh jika input *power* yang diberikan sebesar 43 dBm dengan menggunakan frekuensi 900 MHz.

Gambar 5. Histogram *Coverage* Terhadap RSRP.

Gambar 5 menampilkan hasil histogram dari simulasi *coverage* terhadap RSRP. Hasil dari histogram tersebut memberikan keterangan kuat sinyal yang diterima dari BTS. Semakin tinggi nilai RSRP yang diperoleh, semakin kuat sinyal yang diterima oleh *user*.

Tabel VIII menampilkan hasil dari simulasi parameter RSRP dengan nilai dengan nilai RSRP yang lebih mendominasi ialah -110 dBm sebesar 40 % dari area simulasi dan warna hijau dengan nilai sebesar 37,7 % dari simulasi memiliki nilai RSRP sebesar -95 dBm dengan rata – rata RSRP sebesar -93,31 dBm yang termasuk ke dalam kategori baik. Semakin besar nilai RSRP maka kualitas sinyal semakin baik. Untuk skenario *standalone* RSRP yang diperoleh sebesar -68,53 dBm [5]. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan daya yang digunakan. Untuk skenario *In-Band* menggunakan daya sebesar 35 dBm sedangkan di skenario *Standalone* sebesar 43 dBm.

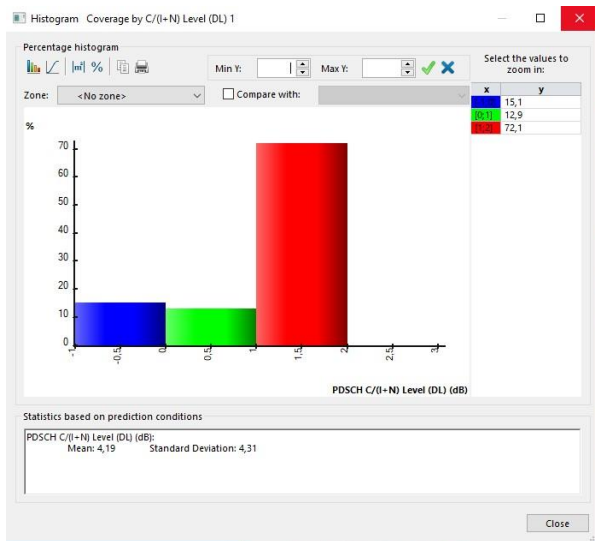
Tabel VIII. Simulasi Performansi *Coverage* RSRP [14]

Nilai	Warna (Keterangan)	Persentase (%)
- 140 ≤ RSRP ≤ -110	Merah (Buruk)	7,1
- 110 ≤ RSRP ≤ -95	Kuning (Normal)	40,1
- 95 ≤ RSRP ≤ -80	Hijau (baik)	37,5
- 80 ≥ RSRP ≥ -65	Biru (Sangat Baik)	15,5

H. Analisis Simulasi *Coverage* Terhadap SINR

Analisis performansi *coverage* terhadap SINR dilakukan untuk mengetahui kualitas sinyal yang

sinyal yang diterima oleh *user*. SINR menggabungkan informasi tentang kekuatan sinyal (*Signal Power*), gangguan sinyal dari sumber-sumber lain (*Interference*), dan tingkat (*Noise*).



Gambar 6. Histogram Coverage Terhadap SINR.

Gambar 6 menunjukkan hasil SINR paling besar berwarna merah. Histogram blok yang berwarna merah mengindikasikan nilai SINR tertinggi. Nilai rata – rata untuk SINR di skenario *In-Band* sebesar 4,19 dB. Selisih nilai SINR tidak terlalu signifikan dengan skenario *Standalone* di [5], dikarenakan kedua skenario ini menggunakan *Link Budget* yang sama kecuali nilai *power* yang berbeda.

Tabel IX adalah hasil nilai SINR dengan nilai terbesar ialah 72,5 % dengan keterangan sangat baik dan nilai terendah sebesar 15,1% dengan keterangan kualitas SINR terburuk. Hal ini mengindikasikan bahwa SINR yang diperoleh dari simulasi menghasilkan kuat sinyal yang bagus dan tidak rentan akan gangguan dari lingkungan. Sehingga, implementasi NB-IoT skema *In-Band* untuk area Jakarta dapat memberikan kualitas yang baik. Dari simulasi RSRP dan SINR dapat dianalisa bahwa semakin tinggi nilai RSRP maka nilai SINR yang diterima akan semakin bagus.

Tabel IX. Simulasi Performansi Coverage SINR

Nilai	Warna (Keterangan)	Persentase (%)
$-1 \leq \text{SINR} \leq 0$	Biru (Buruk)	15,1
$0 \leq \text{RSRP} \leq 1$	Hijau (Normal)	12,1
$1 \geq \text{RSRP} \geq 2$	Merah (Sangat Baik)	72,5

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian ini memaparkan hasil simulasi dan perhitungan untuk perancangan jaringan NB-IoT skema *In-Band* di area Jakarta berdasarkan simulasi performansi kapasitas pada skema *In-Band* terhadap *user connected* dengan jumlah subscriber sebesar 31.758 menghasilkan jumlah *user* yang terhubung sebesar 140.778 *device user* dan terhadap nilai *throughput* yang diperoleh ialah sebesar 698,47 Mbps. Hasil simulasi *coverage* untuk nilai RSRP pada skema *In-Band* memiliki nilai sebesar -93,31 dBm yang menunjukkan kualitas sinyal yang baik. Untuk simulasi performansi *coverage* terhadap SINR memiliki nilai sebesar 4,18 dB. Sedangkan, untuk hasil dengan persentasi nilai SINR terbaik sebesar 72,1%. Sehingga, dari semua hasil simulasi tersebut dapat disimpulkan bahwa perancangan jaringan NB-IoT dengan menggunakan skenario *In-Band* dapat dilakukan di area Jakarta karena dapat memenuhi layanan untuk area Jakarta berdasarkan simulasi.

Adapun saran yang dapat diberikan ialah, melakukan percobaan pada frekuensi 1800 MHz dengan menggunakan data parameter *services* yang actual dan melakukan perbandingan dengan skema NB-IoT yang lainnya.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Hasan, H. Pervaiz, M. A. Muhammad, K. Alar, A. I. Muhammad, Radio Resource Management Scheme In NB-IoT System, IEEE, 2018, hlm 10.
- [2] M. Bockarjova, & T. Seculeanu, (2020). NB-IoT and its Comparison with Other LPWAN Technologies: A Review. IEEE Access, 8, 40460-40475, hlm 15.
- [3] I. Yaqoob, E. Ahmed, A. Gani, M. Imran & S. Guizani, (2017). Internet of Things Architecture: Recent Advances, Taxonomy, Requirements, and Open Challenges. IEEE Wireless Communications, 24(3), hlm 10-16.
- [4] Hikmaturokhman, Alfin, and Lingga Wardana. "4G Handbook Edisi Bahasa, 2014, hlm 25.
- [5] M.Ginting, "Perancangan Jaringan NB-IoT Skema *Standalone* Frekuensi 900 MHz di Jakarta", 2019, JTEC.
- [6] K. Diah, S. Denny, M. Suryanegara, "Spectrum Requirement For IoT Service A Case of Jakarta Smart City", IEEE International Conference on Communication, Network and Satellite, 2017.
- [7] L. Olof, S. Marten, W. Eric, and S. Joachim, 2018, "Cellular Internet of Things Technology, Standards and Performance", ACADEMIC PRESS. United Kingdom.
- [8] S. Winalisa, "Internet of Things (IoT) Connectivity Technology Selection for Public Service IoT In Batam Island Comparative Studies Between NB-IoT, SIGFOX, And RPM, Universitas Telkom.
- [9] A. Hikmaturokhman, and A. R. Danisya. "4G-LTE 1800 Mhz coverage and capacity network planning using frequency reuse 1 model for rural area in Indonesia." Proceedings of the 6th International Conference on Software and Computer Applications. ACM, 2017.
- [10] Telkomsel, 201, "Telkomsel dan UI Implementasi Inovasi NB-IoT Bike Sharing" diakses pada tanggal 08 Desember 2018 dari <https://www.telkomsel.com/about-us/news/telkomsel-dan-uiimplementasikan-inovasi-NB-IoT-bike-sharing>.

- [11] N. Mangalvedhe, R Ratasuk, A Ghosh. "NB-IoT Deployment Study For Low Power Wide Area *Cellular* IoT ", IEEE, International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications. IEEE, 2016:1-6.
- [12] D. W. Saputra, Analisis Perencanaan Lte-Advanced Dengan Metoda Carrier Aggregation Inter-Band Non-Contiguous Dan Intra-Band Non- Contiguous Di Kota Bandar Lampung. Bandung, 2015.
- [13] Pemerintah Kota Jakarta, "Kota Jakarta Dalam Angka", Jakarta, Badan Pusat Statistik.
- [14] Protelindo, "Report Drive Test Protelindo Inner Banjarmasin," Jakarta, 2017.
- [15] Malik Hasan, Haris Pervaiz, Mahtab Alam Muhammad, Kuusik Alar, Ali Imran Muhammad, Radio Resource Management Scheme In NB-IoT System, IEEE, 2018.