

## PERENCANAAN FRONTHAUL MICROWAVE UNTUK RADIO KOMUNIKASI PADA JARINGAN 4G

### FRONTHAUL MICROWAVE PLANNING FOR RADIO COMMUNICATION ON 4G NETWORK

Aries Priyadi Ramadhan<sup>1</sup>, Dr.Arifianto Fahmi,S.T.,M.T<sup>2</sup>, M. Irfan Maulana,S.T.,M.T<sup>3</sup>.

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom, Bandung

<sup>1</sup>ariespriyadi@students.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>arfiantof@telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>muhammadirfanm@telkomuniversity.ac.id

#### Abstrak

Saat ini kota Bandung sudah terdapat jaringan akses LTE, akan tetapi masih ada beberapa wilayah yang masih belum tercakupi untuk jaringan LTE, sehingga perlu adanya perancangan jaringan telekomunikasi yang tepat agar mendapatkan layanan komunikasi yang baik. Pada saat ini PT.Tri Indonesia sudah menyediakan layanan jaringan LTE untuk wilayah kota Bandung, solusi yang sudah dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menambah *site existing* yang kemudian dikuatkan kembali dengan menggunakan repeater untuk melayani layanan LTE di wilayah kota Bandung. Akan tetapi solusi tersebut masih belum sepenuhnya mencakupi seluruh kota Bandung.

Pada tugas akhir ini telah dilakukan analisis perencanaan *fronthaul microwave* menggunakan komunikasi *microwave*. Fronthaul microwave merupakan transmisi antara BBU yang berada pada eNodeB *site existing* menuju RRH yang berada pada *new site*. Untuk menganalisa perancangan akses data yang mencakupi area perencanaan, dilakukan perancangan *microwave link*, *coverage planning* dan *capacity planning* jaringan LTE. Selanjutnya disimulasikan menggunakan *software pathloss 5.0* untuk *microwave link* dan *atoll* untuk *coverage planning*.

Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi, dengan frekuensi kerja sebesar 70 Ghz dan spesifikasi perangkat yang digunakan untuk gain antenna sebesar 40,6; 43,0 dan 50,0 dBi dan daya terima minimum sebesar -75 dBm. Mendapatkan hasil seluruh *link fronthaul microwave* mencapai *avaibility* sebesar > 99,99 % dengan nilai fade margin sebesar 28 dB sampai 45 dB, hal ini disebabkan oleh nilai daya terima tiap site lebih besar dari nilai daya terima minimum perangkat. Kemudian dari hasil perencanaan coverage pada salah satu wilayah perencanaan, menghasilkan nilai rata-rata RSRP sebesar - 82.48 dBm dan rata-rata SINR sebesar 6.07 dB dengan demikian simulasi perencanaan coverage parameter RSRP dan SINR di katakan berhasil karna termasuk dalam kondisi cukup bagus.

**Kata kunci :** RRH, BBU, *Fronthaul*, *Link Microwave*, nilai daya terima, RSRP, SINR.

#### Abstract

Currently there is already a network Bandung access LTE, but there are still some areas that are still not covered for LTE network, so the need for proper telecommunications network design in order to get good communication services. At this time PT.Tri Indonesia has provided LTE network services for the city of Bandung Bandung, a solution that has been done to overcome these problems is to increase the existing site which is then reinforced by using repeaters to serve LTE service in the city of Bandung. However, the solution is still not fully cover all cities Bandung.

In this final project, we have done microwave fronthaul planning analysis using microwave communications. Fronthaul microwave is a transmission between BBU located on eNodeB existing site to RRH located at new site. To analyze the design of data access covering the planning area, the design of microwave link, coverage planning and capacity planning LTE network. It is then simulated using pathloss 5.0 software for microwave link and atoll for coverage planning.

Based on calculations and simulations, with a working frequency of 70 Ghz and device specifications used for gain antenna of 40.6; 43.0 and 50.0 dBi and minimum power of -75 dBm. Getting the results of all microwave fronthaul links reaches availability of > 99.99% with a fade margin value of 28 dB to 45 dB, this is because the receiving power of each site is greater than the minimum receive power value of the device. Then from the planning coverage in one of the planning areas, the average RSRP value is - 82.48 dBm and the average SINR of 6.07 dB thus the simulation of RSRP and SINR coverage coverage plan is said to work because it is included in good condition.

**Keywords:** RRH, BBU, *Fronthaul*, *Microwave Link*, receiving power value, RSRP, SINR.

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Kota Bandung berada pada letak geografis dataran tinggi, sehingga perlu adanya perancangan jaringan telekomunikasi yang tepat agar mendapatkan layanan komunikasi yang baik. Pada saat ini PT.Tri Indonesia sudah menyediakan layanan jaringan LTE untuk wilayah kota Bandung. Akan tetapi masih ada beberapa wilayah yang masih belum tercakupi untuk jaringan LTE. Sehingga perlu adanya perancangan jaringan baru untuk menunjang layanan tersebut. Saat ini solusi yang sudah dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menambah *site*

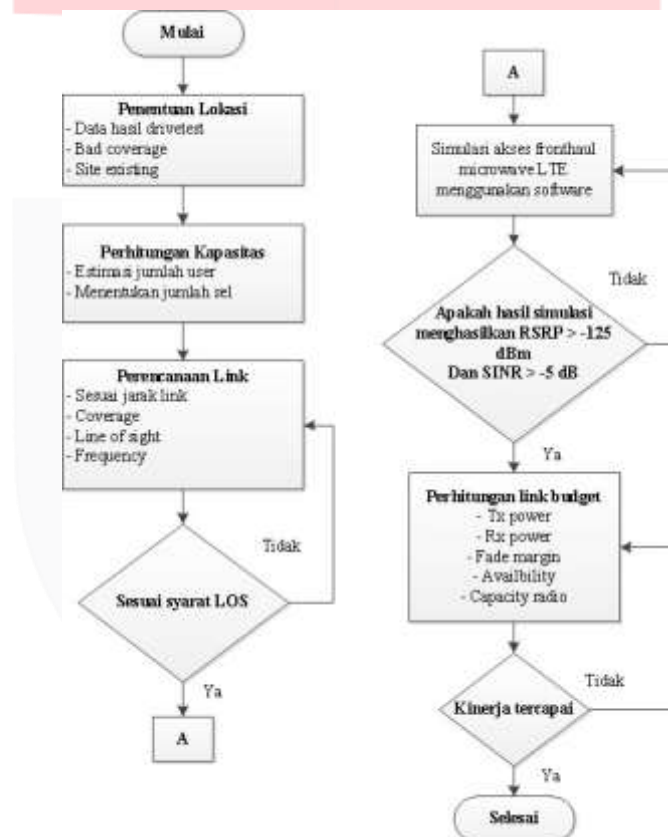
*existing* yang kemudian dikuatkan kembali dengan menggunakan repeater yang dilengkapi antenna sektoral untuk melayani layanan LTE di wilayah kota Bandung. Akan tetapi solusi tersebut hanya menambah penyebaran *coverage* dan kapasitas yang belum tercakupi ke seluruh wilayah kota Bandung.

Berdasarkan permasalahan tersebut pada penelitian tugas akhir ini telah dilakukan analisis perancangan *fronthaul microwave* berdasarkan site *existing* dan kemudian menambahkan *new site* untuk mencakupi *coverage* dan *capacity planning* pada jaringan LTE. Transmisi antara BBU yang berada pada *eNodeB site existing* menuju RRH yang berada pada *new site* bertujuan untuk memperluas *coverage* pada wilayah tersebut. kemudian dengan menggunakan *software pathloss 5.0* untuk mensimulasikan *microwave link* antara BBU menuju RRH dan *software atoll* untuk mensimulasikan cakupan wilayah dan kapasitas pada daerah tersebut.

Parameter yang digunakan untuk *microwave link* yaitu: LOS(*Line Of Sight*) dengan menggunakan frekuensi kerja sebesar 70 Ghz<sup>[4]</sup> sesuai kebutuhan teknologi *fronthaul* dan berdasarkan jarak antar site kemudian dilakukan perhitungan link budget dan fade margin untuk mendapatkan parameter keberhasilan pada *microwave link*. selain itu, untuk *coverage planning* dan *capacity planning* menggunakan parameter RSRP(-dbm) dan SINR(dB). Diharapkan tugas akhir ini dapat memberikan hasil perancangan jaringan LTE menggunakan *microwave link* dengan baik, agar dapat meningkatkan layanan telekomunikasi di wilayah tersebut.

## 2. Dasar Teori

Tahapan yang sistematis diperlukan untuk melakukan perencanaan *fronthaul* agar perencanaan ini dapat berjalan sesuai dengan harapan. Dalam tugas akhir ini akan dibagi menjadi beberapa tahapan sebagai berikut:



Gambar 2.1 Diagram Alir

### 2.1. Fronthaul

Fronthaul merupakan fungsi pemisahan base station pada komponen yang terletak pada lokasi sel dan proses fungsi kontrol yang terletak lebih terpusat didalam sistem. Fungsi radio yang terletak dilokasi sel disebut dengan Remote Radio Head (RRH) dan fungsi pengolahan terpusat disebut dengan Baseband Unit (BBU)[3]. Transmisi antara Baseband Unit (BBU) dengan Remote Radio Head (RRH).



Gambar 2. 2 Fronthaul

**2.2. Baseband Unit (BBU)**

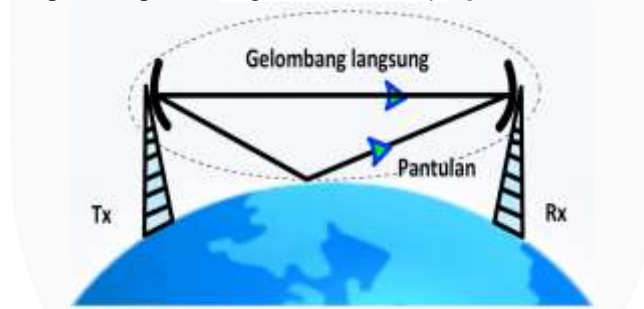
BBU(base band unit) adalah sebuah port-port yang tersambung pada semua perangkat yang terdapat pada BTS(base transceiver station). Pada sebuah BTS, BBU merupakan sebuah alat yang menjadi pusat dari kerja bts itu sendiri, BBU merupakan procecor yang mengatur masuk-keluanya data.

**2.3. Remote Radio Head (RRH)**

Radio Radio head adalah transceiver radio jarak jauh yang terhubung ke panel control radio operator melalui antarmuka listrik atau nirkabel. Dalam teknologi sistem nirkabel seperti GSM, CDMA, UMTS, LTE, peralatan radio jarak jauh ke BTS / NodeB/eNodeB, peralatan ini digunakan untuk memperluas cakupan BTS / NodeB/eNodeB di lingkungan seperti perkotaan atau pedesaan. RRH pada umumnya terhubung melalui kabel serat optic menggunakan protocol Common Public Radio Interface. [5].

**2.4. Transmisi Microwave**

Microwave adalah bentuk dari pancaran radio yang ditransmisikan melalui udara dan diterima dengan menggunakan peralatan semacam *antenna* yang berbentuk bundar yang dipasang digedung yang tinggi atau *tower*. Sinyal *microwave* tidak dapat diblok oleh gedung atau lembah. Untuk melakukan transmisi arus dihindari adanya penghalang atau kemiringan bumi. Sehingga jika posisi antar gedung terhalang, maka diperlukan menara untuk menempatkan *antenna* lebih tinggi lagi agar tetap dalam posisi aling melihat (*Line of sight*) [8]



Gambar 2. 3 Sistem Transmisi Microwave

**2.5. Performansi Jaringan LTE [15]**

**2.6.1 RSRP(Receive Signal Received Power)**

RSRP atau *Received Signal Received Power* dipergunakan untuk mengukur kuat sinyal yang diterima oleh UE (dalam satuan dBm). RSRP dapat digunakan untuk menganalisis *coverage*. Analogi RSRP sama dengan RSCP pada 3G. Untuk parameter standar nilai RSRP dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1 Standar Nilai RSRP [15]

Level Sinyal (dBm)	Kategori Kuat Sinyal
Above -88	Bagus
≥ -104 to < -92	Cukup
Below -125	Buruk

**2.6.2 SINR**

SINR menunjukkan kualitas sinyal yang diterima oleh UE dan digunakan untuk menganalisis *quality*. SINR adalah perbandingan antara energi setiap *chip* sinyal informasi terhadap sinyal interferensi atau sinyal derau (*noise*) yang

menyertainya. Pada intinya adalah perbandingan antara kuat sinyal yang dikehendaki terhadap kuat sinyal yang tidak dikehendaki.

Tabel 2.2 Standard Nilai SINR<sup>[15]</sup>

Level Sinyal (dB)	Kategori Kualitas Sinyal
>25	Bagus
5>SINR< 18	Cukup
SINR< -5	Buruk

**2.7 Perencanaan Fronthaul**

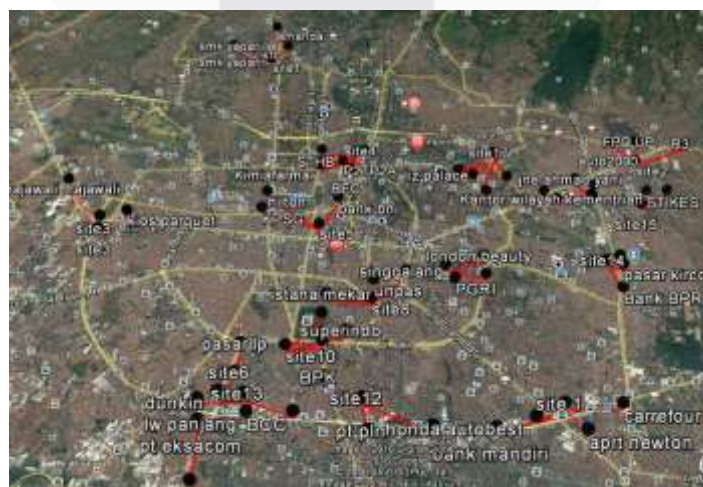
Untuk melakukan perancangan *fronthaul microwave* terdapat beberapa tahapan yang diperlukan, seperti menentukan informasi *site*, model topologi *fronthaul*, penentuan standar performansi, perencanaan frekuensi dan polarisasi, pencapaian LOS, perhitungan redaman hujan hingga perhitungan *link budget*.

**2.7.1 Informasi Site**

Untuk melakukan perencanaan *fronthaul microwave* terlebih dahulu dilakukan penijauan terhadap kondisi *site existing* dan selanjutnya melakukan *site planning*. Pada perencanaan ini *fronthaul microwave* menggunakan *site existing* sebagai *bts donor* yang akan memancarkan sinyal ke masing-masing *site baru* yang telah ditentukan kemudian dilakukan pembagian *link radio* menjadi *hop-hop* serta pembuatan *path profile* untuk setiap *hop* dan penentuan tinggi masing-masing antenna.

Table 1.1 Koordinat site perencanaan

Site	latitude	longtitude	Jenis
Site1	-6.882096	107.595234	Existing
Kfc	-6.878562	107.59768	New
Smk Yapari	-6.878108	107.588518	New
Amanda	-6.873123	107.595299	New
Site4	-6.904294	107.611103	Existing
ISD	-6.904091	107.604791	New
STHB	-6.906552	107.604716	New
P2TP2A	-6.906607	107.607953	New
BEC	-6.908247	107.609216	New
Kimiafarma	-6.907521	107.604737	New
Site12	-6.946091	107.611753	Existing
PT LEN	-6.949618	107.619638	New
PT PLN	-6.950163	107.612469	New
BPK	-6.943313	107.607332	New



Gambar 2.4 Perencanaan Site Hop

**2.7.2 Informasi Perangkat**

Untuk mendukung perancangan *backhaul*, diperlukan sebuah perangkat yang sesuai dengan kebutuhan kapasitas dan mendukung frekuensi kerja yang digunakan, berikut spesifikasi perangkat antenna dan radio microwave

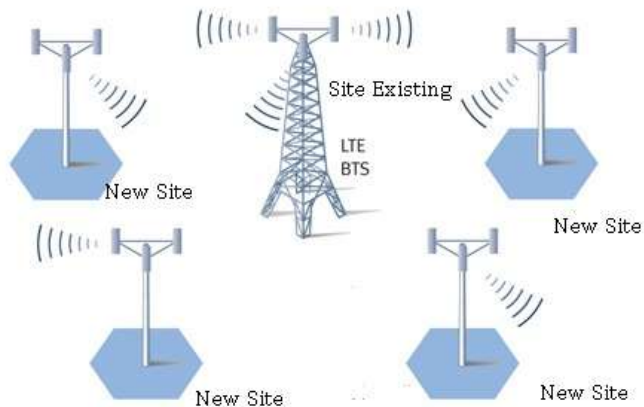
**Tabel 2.2** Spesifikasi Perangkat Radio *Microwave*

Manufacturer	FUJITSU	
Model	GX4000	
Application Type	Adaptive Modulation Radio	
Frequency Range	70 GHz	76 GHz
Data Rate	37.72	
Radio Capacity	16	
Modulation	64 QAM	
Tx Power	13 dBm	
Rx Threshhold	-75 dBm	

**Tabel 2.3** Spesifikasi Perangkat Antena

Manufacture	COMMSCOPE		
Model	VHLP200-80	VHLP1-80	VHLP2-80
Diameter, nominal	0.2 m	0.3 m	0.6 m
Gain, Low Band	40.6 dBi	43.0 dBi	50.0 dBi
Gain, Mid Band	41.0 dBi	43.5 dBi	50.5 dBi
Gain, Top Band	41.4 dBi	44.0 dBi	51.0 dBi
Low Freq	71000 MHz		
High Freq	86000 MHz		
Beamwidth, Horizontal	1.4°	0.9°	0.5°
Beamwidth, Vertical	1.4°	0.9°	0.5°

**2.7.3 Jaringan Macro Fronthaul Microwave**



**Gambar 2.5** Jaringan macro fronthaul microwave

Fronthaul merupakan transmisi antara BBU yang berada pada sisi site existing dengan RRH yang berada pada sisi new site. BBU menerjemahkan aliran data yang berasal dari jaringan ke dalam bentuk yang cocok untuk pengiriman melalui udara yang berfungsi untuk mengambil aliran data dari RRH dan mengubahnya menjadi bentuk yang sesuai dengan transportasi jaringannya. Odu bertugas untuk mengkonversi signal IF(Intermediate Frekuensi) dari modem satelit yang besarnya 70 GHz untuk menjadi sinyal RF(Radio Frequency) yang di terima oleh RRH yang berfungsi untuk memperluas cakupan BTS yang di pancarkan oleh antenna sektoral kepada user.

**2.7.4 Fading Akibat Redaman Hujan**

Butiran hujan dapat mempengaruhi redaman dari sebuah gelombang elektromagnetik yang melintas. Semakin lebat hujan maka redaman tersebut semakin besar. Besarnya redaman karena curah hujan dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\gamma_R = k \times R^\alpha \tag{2.9}$$

$$A = \gamma_R \times D \tag{2.10}$$

Dimana:

- $\gamma_R$  = Redaman karena hujan (dB/km)
- R = Besarnya curah hujan (mm/jam)
- D = jarak antar pengirim dan penerima
- A = Redaman hujan sepanjang lintasan (dB)

**2.7.5 Link Budget Fronthaul**

Untuk mendapatkan nilai daya terima, maka dibutuhkan beberapa parameter seperti *gain antenna*, *loss cable*, *fading margin* dan *free space loss*. Daya terima dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$P_{rx} = P_{tx} - L_{tx} + G_{tx} - L_{rx} + G_{rx} - FSL - A \tag{2.11}$$

*Free space loss* digunakan untuk memprediksi suatu nilai redaman gelombang elektromagnetik yang disebabkan karena gelombang tersebut melalui lintasan *line of sight* tanpa hambatan. *Free Space Loss* dapat dihitung dengan formula berikut:

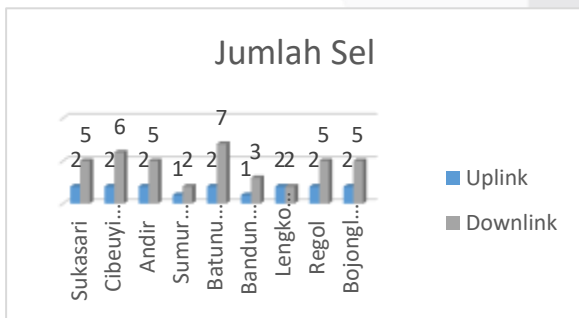
$$L_{fs} = 92.45 + 20 \log F \text{ (GHz)} + 20 \log D \text{ (km)} \tag{2.12}$$

Kemudian hasil dari level daya terima pada Tabel 3.24 jika dikurangkan dengan power receive threshold perangkat dapat menghasilkan perhitungan fading margin sebagai berikut:

$$FM = P_{rx} - P_{th} \tag{2.13}$$

**3 Hasil Perencanaan**

**3.1 Kebutuhan Kapasitas**

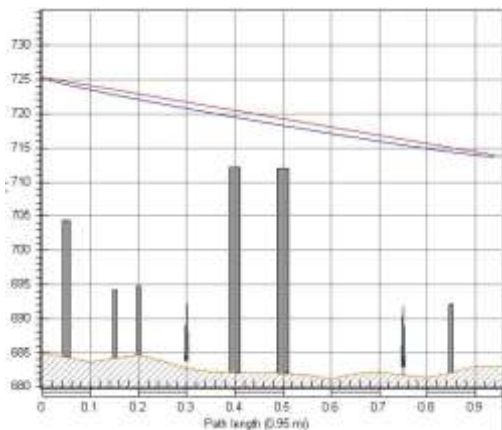


Pada perhitungan kapasitas yang dibutuhkan dari perencanaan ini. Kapasitas yang digunakan yaitu kapasitas yang berada pada site existing yaitu sebesar 30 Mbps. Maka dari itu perhitungan kapasitas dalam perancangan ini untuk menentukan jumlah sel pada tiap wilayah perencanaan.

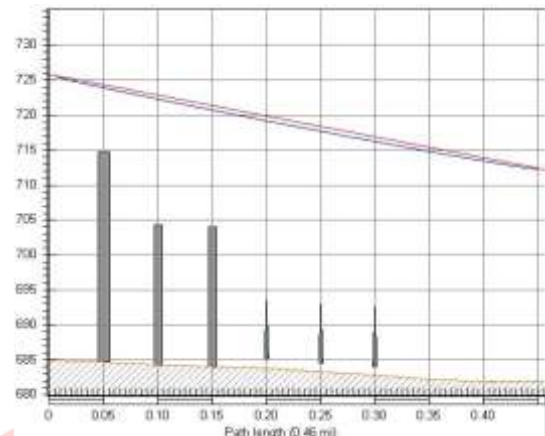
Ditinjau dari perbandingan *network throughput* dan *cell throughput*, dibutuhkan sebanyak 7 sel pada sisi *downlink* dan 2 sel pada sisi *uplink*. Untuk mengetahui jumlah kapasitas yang diperlukan diambil jumlah sel terbanyak yaitu pada sisi *downlink* sebanyak 7 sel.

**Gambar 3.1** Kebutuhan jumlah kapasitas sel

**3.2 Hasil Simulasi Perencanaan fronthaul**



Gambar 3.2 Terrain Data site 12 – site pt len



Gambar 3.3 Terrain Data site 12 – site pt pln

**3.3 Hasil Perencanaan fronthaul**

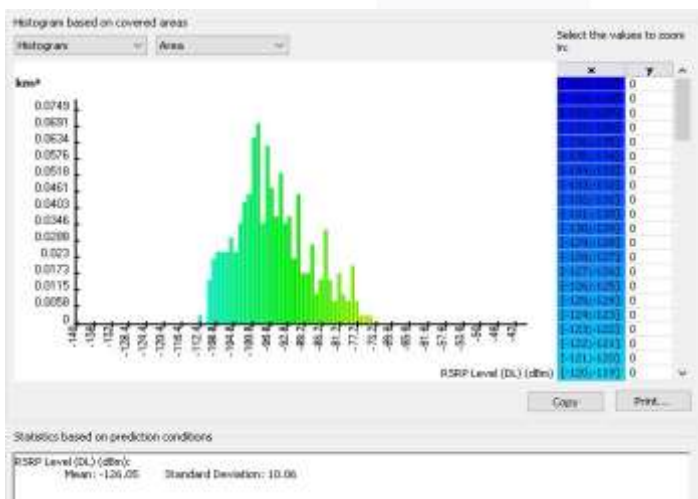
Seluruh *link fronthaul* memiliki nilai daya terima yang lebih besar dari pada nilai daya terima minimum yang dibutuhkan yaitu sebesar -75 dBm yang didapat dari spesifikasi perangkat. Dengan menghitung *link budget* pada parameter-parameter yang ada, didapatkan juga *availability* sebesar 99.99 % pada seluruh *link fronthaul* dan dilihat dari parameter fade margin yang mendapatkan hasil 28 dB sampai 45 dB. Dengan hasil akhir yang menunjukkan performansi serta *availability* yang baik, dapat dikatakan bahwa dalam perencanaan ini *link fronthaul microwave* layak untuk diterapkan pada daerah kota bandung secara optimal.

**3.4 Analisis Performansi jaringan akses LTE**

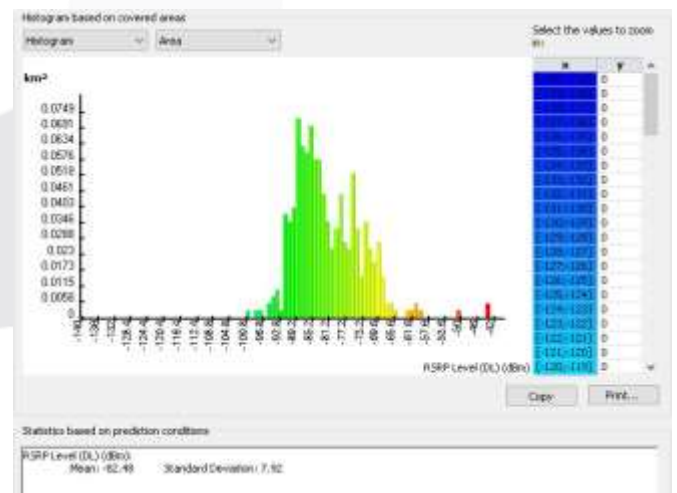
Pada bagian simulasi *coverage planning* dilakukan dengan 2 tahapan yaitu:

1. Menempatkan BTS 4G sesuai kondisi existing.
2. Menempatkan BTS 4G baru dari kondisi existing dekat dengan lokasi perencanaan.

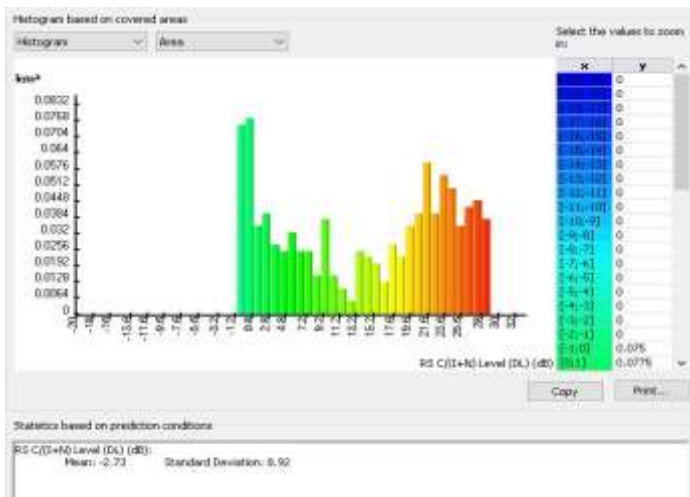
Setelah dilakukan simulasi dengan cara menyesuaikan lokasi setiap BTS yang digunakan dengan kondisi existing dan juga membuat BTS baru menggunakan software atoll, maka diperoleh nilai parameter yang dicari.



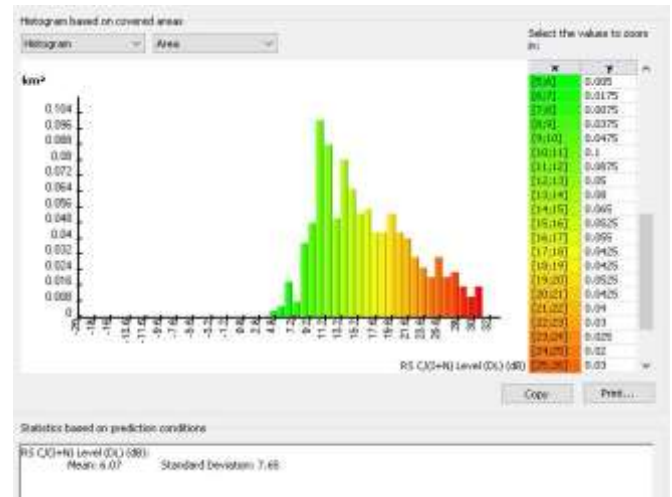
Gambar 4.4 Grafik presentase RSRP kec. Bandung kidul (before)



Gambar 4.4 Grafik presentase RSRP kec. Bandung kidul (after)



Gambar 4.8 Grafik presentase pancaran sinyal parameter SINR kec. Bandung kidul (*before*)



Gambar 4.9 Grafik presentase pancaran sinyal parameter SINR kec. Bandung kidul (*after*)

#### 4. Kesimpulan

1. Kapasitas yang di gunakan kapasitas dari site existing yaitu sebesar 30 Mbps dengan perhitungan kapasitas jumlah sel sebanyak 7 sel, sehingga memenuhi kapasitas yang dibutuhkan.
2. Dari skenario perancangan jaringan LTE pada lokasi perencanaan kecamatan bandung kidul menghasilkan rata-rata nilai RSRP sebesar - 82.48 dan rata-rata nilai SINR sebesar 6.07 dB dengan demikian simulasi perencanaan coverage parameter RSRP dan SINR di katakan berhasil karna termasuk dalam kondisi bagus untuk parameter RSRP dan cukup bagus untuk parameter SINR dan layak untuk diimplementasikan di lapangan.
3. Pada hasil simulasi, seluruh *link fronthaul microwave* mencapai *availability* sebesar > 99,99 % dengan nilai fade margin sebesar 28 dB sampai 45 dB , hal ini disebabkan oleh nilai daya terima tiap site lebih besar dari nilai daya terima minimum perangkat sebesar -75 dBm.
4. Mengacu pada jarak dan kebutuhan coverage dan kebutuhan kapasitas, perangkat yang paling sesuai untuk digunakan dalam percanaan ini ialah perangkat radio model GX-4000 dan menggunakan 3 antena yang berbeda sesuai kebutuhan jarak.
  - Model VHLP200-80, Spesifikasi gain antenna 40.6 dBi
  - Model VHLP1-80, Spesifikasi gain antenna 43.0 dBi
  - Model VHLP2-80, Spesifikasi gain antenna 50.5 dBi
5. Untuk site baru ketinggian antenna berkisar antara 20 – 30 meter.
6. Perencanaan *link fronthaul microwave* ditentukan sebanyak 15 site sesuai kondisi existing yang memiliki transmisi ke tiap *antenna sectoral* pada new site dengan masing-masing tiap site memiliki 3 - 5 *link*.
7. Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi, Dengan frekuensi kerja sebesar 70 Ghz berdasarkan jarak site.



### DAFTAR PUSTAKA

1. S. Abdul Basit, "Dimensioning of LTE Network Description of Models and Tools Coverage and Capacity Estimation of 3GPP Long Term Evolution," 2009.
2. Nokia Siemens Networks, "LTE Radio Network Planning Guideline," 2011.
3. Alcatel Lucent, 2014."MOBILE FRONTHAUL FOR CLOUD-RAN DEPLOYMENT", ii.
4. Aviat Networks, 2014. "5 THINGS YOU SHOULD KNOW ABOUT FRONTHAUL".
5. Kevin Murphy, 2015, CENTRALIZED RAN AND FRONTHAUL, 2,3.
6. Nataniel, Satya., SISTEM TRANSMISI MICROWAVE. Diambil dari: <http://dokumen.tips/documents/sistem-transmisimicrowave.html>[akses pada 3 September 2016]
7. Sutrisno, "BSEEE, MT," Perancangan Sistem Radio (Microwave Link Design), p. 3, 2011.
8. E. Noviyanto, "ANALISA PERFORMANSI TRASNMISI BACKBONE MIVROWAVE PT. TELKOMSEL AREA KALIMANTAN", 2012.
9. Microwave link technology. diambil dari: <http://www.microwave-link.com/microwave/microwave-link-technology/> [diakses pada 14 desember 2016].
10. Huawei Technologies, LTE Radio Network Capacity Dimensioning, 2013.
11. Irfan Irwan, 2012. Mengenal Free Space Loss (FSL) | (Rambatan Dalam Ruang Bebas Diambil dari :[http://www.almuhibbin.com/2012/10/mengenal-free-space-loss fslrambatan.html](http://www.almuhibbin.com/2012/10/mengenal-free-space-loss-fslrambatan.html) [diakses pada 3 September 2016].
12. H. Lehpahmer, in Microwave Radio Transmission Design Guide, United States: McGraw-Hill, 2010.
13. Kota Bandung, "SELAYANG PANDANG" diambil dari : <http://jabarprov.go.id/index.php/pages/id/1060>. [diakses pada 4 november 2016].
14. BPS Kota Bandung. "Jumlah Penduduk dan Rasio Jenis Kelamin Menurut Kecamatan Kota Bandung". <https://bandungkota.bps.go.id/> [diakses pada 3 April 2017].
15. Huawei, "Cluster DT Innet City Bandung".2016.
16. Huawei, "Huawei E-Band RTN380".2016.
17. Fujitsu, "GX-4000 E-Band Radio".2016.
18. Commscope, "Product Specification VHLP200-80".2016
19. Commscope, "Product Specification VHLP1-80".2016.
20. Commscope, "Product Specification VHLP2-80".2016.
21. M. K. D. INFORMATIKA, "PERATURAN MENTERI KOMUNIKASI DAN INFORMATIKA REPUBLIK INDONESIA NOMOR 33 TAHUN 2015," 2015.
22. M. Laboratory, in Module Pathloss 5.0, 2015, p. 9.
23. B.Wicaksono, Febrian., 2016. "ANALISIS PERENCANAAN BACKHAUL MICROWAVE UNTUK RADIO KOMUNIKASI PADA KAWASAN WISATA KEPULAUAN SERIBU".

Tabel 3.2 Hasil Perhitungan perancangan *link fronthaul*

Site A	Site B	Fresnel (m)	Hc(m)	Hant A(m)	Hant B(m)	Panjang	Panjang	A0.01 (dB)	Ptr (dBm)	Gtx (dBi)	FSL (dB)	Grx (dBi)	Prx (dBm)	Pth (dBm)	Fading Margin (dB)
						Feeder A (m)	Feeder B (m)								
Site 1	Amanda	2.054	8.63x10 <sup>-3</sup>	40	23.97	45	28.97	1.7246	13	43.5	129.23	43.5	-46.476	-75	28.52
Site 1	Kfc	0.982	5.47x10 <sup>-3</sup>	40	22.88	45	27.88	0.8444	13	43.5	128.83	43.5	-37.271	-75	37.84
Site 1	Yapani	1.784	0.013	40	18.73	45	23.73	1.5086	13	43.5	128.07	43.5	-43.156	-75	31.84
Site2	R3	2.051	0.021	40	20.13	45	25.13	1.7635	13	43.5	129.23	43.5	-46.865	-75	28.13
Site2	Auto2000	1.095	5.94x10 <sup>-3</sup>	40	19.16	45	24.16	0.9398	13	43.5	123.78	43.5	-33.178	-75	41.88
Site2	FPO UPI	0.978	5.69x10 <sup>-3</sup>	40	19.02	45	24.02	0.8409	13	43.5	122.79	43.5	-31.199	-75	43.8
Site3	PT Surya	0.725	3.15x10 <sup>-3</sup>	40	18.56	45	23.56	0.6273	13	41	120.2	41	-31.437	-75	43.56
Site3	Kios Parq	1.042	6.38x10 <sup>-3</sup>	40	18.87	45	23.87	0.8947	13	43.5	123.35	43.5	-32.29	-75	42.71
Site3	Rajawali	2.047	9.28x10 <sup>-3</sup>	40	19.9	45	24.9	1.7213	13	50.5	129.21	50.5	-32.423	-75	42.56
Site4	BEC	1	5.75x10 <sup>-3</sup>	40	28.74	45	33.74	0.464	13	43.5	123.04	43.5	-27.681	-75	47.31
Site4	p2tp2a	0.893	3.46x10 <sup>-3</sup>	40	18.56	45	23.56	0.7693	13	43.5	122.06	43.5	-29.753	-75	45.24
Site4	kimsa far	1.631	6.49x10 <sup>-3</sup>	40	19.4	45	24.4	1.3837	13	43.5	127.24	43.5	-41.077	-75	33.92
Site4	STHB	1.567	9.32x10 <sup>-3</sup>	40	19.32	45	24.32	1.386	13	43.5	126.79	43.5	-40.651	-75	34.34
Site4	ISD	1.443	0.01	40	19.15	45	24.15	1.2289	13	43.5	126.17	43.5	-38.459	-75	36.54
Site5	BNi	1.269	9.82x10 <sup>-3</sup>	40	19.17	45	24.17	1.0849	13	43.5	125.11	43.5	-35.959	-75	39.04
Site5	Hilton	2.053	0.028	40	19.96	45	24.96	1.7263	13	50.5	129.29	50.5	-32.553	-75	42.44
Site5	KPSG	1.968	9.04x10 <sup>-3</sup>	40	19.87	45	24.87	1.658	13	50.5	128.92	50.5	-31.5	-75	43.5
Site6	Pasar LP	0.926	6.00x10 <sup>-3</sup>	40	19.06	45	24.06	0.7973	13	43.5	122.32	43.5	-30.013	-75	44.98
Site6	Durkin	0.893	2.99x10 <sup>-3</sup>	40	19.09	45	24.09	0.7693	13	41	122.01	41	-34.703	-75	40.29
site7	pt eksacom	1.625	9.95x10 <sup>-3</sup>	40	19.91	45	24.91	1.3785	13	43.5	127.21	43.5	-40.995	-75	34
Site8	Istana Mek	1.29	4.24x10 <sup>-3</sup>	40	19.39	45	24.39	1.1021	13	43.5	125.2	43.5	-36.221	-75	38.77
Site8	Sanggalang	1.449	0.011	40	19.56	45	24.56	1.2339	13	43.5	126.21	43.5	-38.549	-75	36.45
Site8	Unpas	0.88	4.71x10 <sup>-3</sup>	40	18.3	45	23.3	0.7589	13	41	121.89	41	-34.479	-75	40.52
site9	PGRI	0.957	2.15x10 <sup>-3</sup>	40	24.05	45	29.05	0.8235	13	41	122.61	41	-35.935	-75	39.06
site9	Nerapali	1.207	2.78x10 <sup>-3</sup>	40	19.3	45	24.3	1.0333	13	43.5	124.63	43.5	-34.963	-75	40.03
site9	London be	1.207	8.78x10 <sup>-3</sup>	40	19.31	45	24.31	1.0384	13	43.5	124.67	43.5	-35.054	-75	39.94
Site10	Supendo	1.71	0.015	40	19.81	45	24.81	1.4479	13	43.5	127.65	43.5	-42.129	-75	32.87
Site10	PT Kemas	1.428	5.69x10 <sup>-3</sup>	40	19.52	45	24.52	1.2169	13	43.5	126.09	43.5	-38.259	-75	36.74
Site10	PT Inhi	1.002	4.01x10 <sup>-3</sup>	40	19.1	45	24.1	0.8617	13	43.5	123.01	43.5	-31.627	-75	43.37
Site11	Aprt Newtc	0.893	4.74x10 <sup>-3</sup>	40	19.11	45	24.11	0.7693	13	43.5	122.01	43.5	-29.703	-75	45.29
Site11	Carrefour	1.478	8.84x10 <sup>-3</sup>	40	24.71	45	29.71	1.2579	13	43.5	126.38	43.5	-38.959	-75	36.04
Site11	Honda auto	0.878	4.69x10 <sup>-3</sup>	40	24.08	45	29.08	0.7571	13	43.5	121.86	43.5	-29.431	-75	45.56
Site11	Bank Mand	1.947	0.023	40	25.17	45	30.17	1.6412	13	43.5	128.78	43.5	-45.192	-75	29.8
Site12	PT Len	2.057	0.022	40	28.77	45	33.77	1.7296	13	50.5	128.95	50.5	-32.246	-75	42.75
Site12	PT PLN	0.944	2.16x10 <sup>-4</sup>	40	24.12	45	29.12	0.813	13	43.5	122.55	43.5	-30.681	-75	44.31
Site12	BPK	1.193	7.38x10 <sup>-3</sup>	40	24.35	45	29.35	1.0211	13	43.5	124.57	43.5	-34.781	-75	40.29
Site13	Bhaneka	1.432	8.49x10 <sup>-3</sup>	40	24.6	45	29.6	1.2203	13	43.5	126.16	43.5	-38.363	-75	36.63
Site13	BCC	0.587	1.75x10 <sup>-3</sup>	40	23.78	45	28.78	0.5091	13	43.5	118.41	43.5	-23.501	-75	51.49
Site13	Lw prjng	1.176	8.41x10 <sup>-3</sup>	40	18.73	45	28.73	1.0073	13	43.5	124.45	43.5	-34.523	-75	40.47
Site14	Bank BPR	1.141	2.61x10 <sup>-3</sup>	40	19.33	45	24.33	0.9779	13	43.5	124.14	43.5	-33.919	-75	41.08
Site14	Pasar Kirco	0.893	3.46x10 <sup>-3</sup>	40	19.05	45	24.05	0.7693	13	41	122.01	41	-34.703	-75	40.29
Site14	CY Karya	0.872	3.78x10 <sup>-3</sup>	40	19.03	45	24.03	0.7518	13	41	121.8	41	-34.318	-75	40.68
Site15	STIKES	0.636	2.40x10 <sup>-3</sup>	40	18.83	45	23.83	0.5515	13	41	119.07	41	-29.805	-75	45.19
Site15	Domino's	1.139	6.27x10 <sup>-3</sup>	40	17.24	45	22.24	0.9762	13	43.5	124.12	43.5	-33.882	-75	41.11
Site16	Honda bdg	1.511	0.013	40	19.62	45	24.62	1.2851	13	43.5	126.58	43.5	-39.431	-75	35.56
Site16	Jne Ahmad	0.814	1.79x10 <sup>-3</sup>	40	18.91	45	23.91	0.7028	13	43.5	121.21	43.5	-38.238	-75	46.76
Site16	KPC	0.653	2.42x10 <sup>-3</sup>	40	23.75	45	28.75	0.5656	13	41	199.29	41	-29.946	-75	45.05
Site16	Kantor wila	1.137	8.05x10 <sup>-3</sup>	40	24.24	45	29.24	0.99	13	43.5	124.25	43.5	-34.15	-75	40.85
Site17	JLMC	1.236	8.26x10 <sup>-3</sup>	40	24.18	45	29.18	1.0574	13	43.5	124.83	43.5	-35.404	-75	39.59
Site17	SMA Karti	1.335	9.30x10 <sup>-3</sup>	40	24.26	45	29.26	1.1398	13	43.5	125.5	43.5	-36.898	-75	38.1
Site17	Hotel Karti	1.904	0.021	40	24.88	45	29.88	1.606	13	43.5	128.58	43.5	-44.64	-75	30.36
Site17	Peremita lat	1.586	0.012	40	26.24	45	31.24	1.3518	13	43.5	127.05	43.5	-40.568	-75	34.43
Site17	Luz palace	2.067	0.012	40	24.94	45	29.94	1.7379	13	50.5	129.3	50.5	-32.679	-75	42.32