



Perencanaan dan Analisis *Fronthaul Microwave* Menggunakan Spektrum Frekuensi 71 Ghz untuk *Radio Access Network* dengan Metode *Drive Test* 4G LTE

Planning and Analysis of Fronthaul Microwave Using Spectrum Frequency 71 GHz for Radio Access Network with Drive Test Method 4G LTE

Firmansyah Pandu Wibawa¹, Muntaqo Alfin Amanaf², Ade Wahyudin³

^{1,2}Institut Teknologi Telkom Purwokerto

^{1,2}Jl. D. I. Panjaitan No. 128, Purwokerto, Jawa Tengah 53147, Indonesia

³Sekolah Tinggi Multi Media

³Jl. Magelang KM. 6, Sleman, DI Yogyakarta

email: ¹firmsyahpanduw@gmail.com, ²muntaqo@ittelkom-pwt.ac.id, ³adew001@kominfo.go.id

INFORMASI ARTIKEL

Diterima 25 Januari 2019

Direvisi 16 Juni 2019

Disetujui 21 Juni 2019

Keywords:

Fronthaul

BBU

RRH

Receive Signal Level

Microwave

Kata kunci :

Fronthaul

BBU

RRH

Level Daya Terima

Microwave

ABSTRACT

In Indonesia, not all regions have been integrated by the 4G LTE network, so it needs the optimal 4G LTE Planning. In this study, we plan the new eNodeB with fronthaul microwave 4G LTE method to solve the bad coverage problem in certain area by increasing coverage and capacity network with this method. The fronthaul links uses 71 GHz frequency and the placement of this link uses the drive test method to look for bad coverage in the North Purwokerto, West Purwokerto, and South Purwokerto. The results of the bad coverage were then used as a hopping site based on the site closest to the area's bad coverage. From the simulation results using Atoll 3.3.0, the average RSRP increases after fronthaul RSRP added, -91.7 dBm, up 20%, and CINR by 13.95 dB, rose by 12%. While for throughput, increased after adding fronthaul, on average to 90.75 Mbps, from 52.12 Mbps, up 72%. For the 71 GHz fronthaul microwave link simulation, the level of receiving power when there is no rain, RSL -27.52 dBm on average, and when it rains, RSL drops, -58.17 dBm, from the minimum threshold of -48 dBm. For system feasibility, the availability of annual multipath at six hops is 99.999%, but on average annual rainfall, availability is 99.90%.

ABSTRAK

Di Indonesia, tidak semua daerah telah terintegrasi oleh jaringan 4G LTE dengan baik, sehingga memerlukan perencanaan 4G LTE yang tepat. Penelitian ini melakukan perancangan penambahan eNodeB baru dengan metode *fronthaul microwave* 4G LTE, dengan tujuan untuk memperbaiki *bad coverage* pada suatu area melalui peningkatan *coverage* dan kapasitas jaringan. *Link fronthaul* menggunakan frekuensi 71 GHz, penempatannya dengan menggunakan metode *drive test* untuk mencari *bad coverage* di Purwokerto Utara, Purwokerto Barat, dan Purwokerto Selatan. Hasil dari penentuan daerah *bad coverage* kemudian dibuat *site hop* berdasarkan *site existing* terdekat dengan daerah *bad coverage* tersebut. Dari hasil simulasi menggunakan Atoll 3.3.0, rata-rata kenaikan RSRP setelah ditambahkan *fronthaul* RSRP-nya, -91,7 dBm, naik 20%, dan CINR sebesar 13,95 dB, kenaikan sebesar 12%. Sedangkan untuk *throughput*, mengalami kenaikan setelah ditambahkan *fronthaul*, rata-rata menjadi 90,75 Mbps, dari 52,12 Mbps, naik 72%. Untuk simulasi *link fronthaul microwave* 71 GHz, level daya terima saat tidak terjadi hujan, sebesar rata-rata RSL -27,52 dBm, dan pada saat hujan, RSL turun, -58,17 dBm, dari ambang batas minimum -48 dBm. Untuk keandalan sistem, mendapat *annual multipath availability* pada 6 hop sebesar 99,999%, akan tetapi pada *annual rain*, *availability* rata-rata sebesar 99,90%.

1. Pendahuluan

Sudah beberapa operator yang melayani jaringan 4G di kecamatan Purwokerto, seperti operator Telkomsel, Indosat Ooredoo, XL Axiata, H3I, dan Smartfren. Terdapat beberapa titik yang sudah tersedia jaringan 4G, namun memiliki layanan 4G LTE yang buruk, yang menyebabkan *bad coverage*. Untuk itulah, dibuat perencanaan jaringan baru untuk menunjang layanan yang tersedia. Jaringan tersebut sebenarnya belum dikembangkan di Indonesia, akan tetapi di negara-negara maju lainnya, *fronthaul microwave* sudah diterapkan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui parameter apa saja yang dibutuhkan untuk membuat *fronthaul* dan mengetahui kelayakan *fronthaul microwave* frekuensi 71 GHz dengan redaman yang dihasilkan pada daerah perencanaan. *Fronthaul* diciptakan untuk membuat terobosan baru menggunakan arsitektur C-RAN. Dengan adanya *fronthaul*, dapat mengatasi area *bad coverage* dengan meningkatkan kapasitas dan *throughput*. Selain itu, *fronthaul* digunakan untuk mengurangi nilai dari biaya CAPEX dan OPEX, di mana biaya tersebut merupakan biaya terbesar dari suatu jaringan seluler, seperti biaya pengadaan perangkat pada *shelter* dan *maintenance* perangkat setiap eNodeB-nya. Dengan adanya *fronthaul*, maka hanya menggunakan satu BBU saja, sehingga dapat mengurangi biaya CAPEX dan OPEX sebesar 40%. Penelitian kali ini menggunakan dua *software*, yaitu Atoll 3.3.0 untuk menghitung dari sisi *coverage* dan *capacity*, serta *software Pathloss 5.0* untuk menghitung *link fronthaul microwave*.

Penelitian yang dilakukan oleh Aleksandra Cheko Henrik Lehman Crsitansen, Ying Yan, Lara Scolari, membahas mengenai “*Cloud Ran For Mobile Network*” tahun 2014, yakni bagaimana gambaran secara rinci untuk arsitektur seluler yang akan datang, yang disebut dengan CRAN, di mana CRAN mempunyai potensi untuk mengurangi biaya penyebaran jaringan dengan penambahan sel dan biaya operasional lain, sehingga mampu meningkatkan sistem, mobilitas, dan kinerja cakupan atau penambahan cakupan, serta dapat mengefisienkan daya yang digunakan, di mana untuk penggunaan fiber optik sebagai transmisi dari BBU ke RRH, dapat menampung kapasitas link satu *channel* mencapai 40 Gbps. Sedangkan jika transmisi *fronthaul* menggunakan *microwave*, biasanya mencapai 2,5 Gbps, dengan catatan, untuk penggunaan *fronthaul microwave* menggunakan frekuensi tinggi (E-Band), yaitu 70 GHz sampai 80 GHz, tergantung perangkat yang digunakan dan modulasi serta *bandwidth* yang digunakan untuk menampung kapasitas yang besar (Lehrmann et al., 2014).

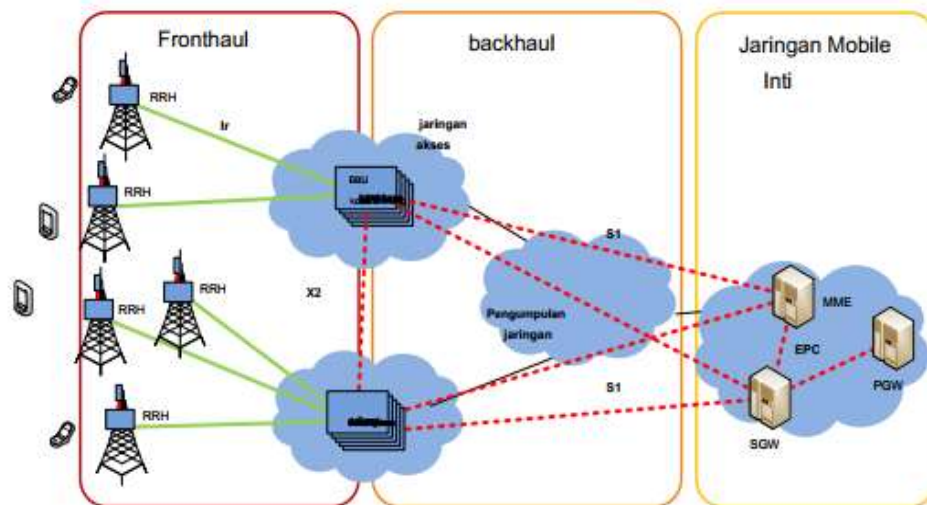
Penelitian yang dilakukan Muhammad Hawary pada tahun 2018 membahas mengenai “Perencanaan dan Analisa *Fronthaul* Fiber Optik untuk Komunikasi Radio pada Jaringan LTE”. Penelitian ini dilakukan di kota Pekanbaru, di mana sebagai *transport* untuk transmisi *fronthaul* dari *base band unit* (BBU) ke *remote radio head* (RRH), menggunakan kabel fiber optik. Perangkat fiber optik yang digunakan memiliki spesifikasi yang sesuai digunakan untuk transmisi *fronthaul fiber optic*, sehingga mampu menghasilkan *loss* kabel yang kecil, dan perangkat yang digunakan adalah kabel jenis SMF dan NZDF. Parameter yang diukur pada penelitian ini adalah dengan membandingkan dua jenis kabel dengan melihat parameter level daya terima, Q factor, dan BER, di mana untuk hasil simulasi parameter level daya terima menghasilkan rata-rata -12 dBm sampai -18 dBm, untuk BER adalah rata-rata $14,45 \times 10^{-35}$ sesuai dengan daya kirim, sehingga pada penelitian ini, dari parameter yang telah dianalisis, maka kabel yang mendapatkan performa terbaik dalam perencanaan *fronthaul* fiber optik adalah NZSDF (Hawary et al., 2018).

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Fronthaul

Fronthaul merupakan media *transport* jaringan radio akses *network* pada seluler untuk menghubungkan *base station* dengan antena sektoral berdasarkan pusat *controller*-nya. Jadi *controller* yang dimaksud di sini adalah suatu *microwave* RTN-380, yakni generasi ke-2 dari *microwave* E-band *outdoor*. *Fronthaul* ini menggunakan arsitektur C-RAN, yang kemungkinan dapat berbagi sumber daya, seperti untuk akses seluler dengan arsitektur seperti Gambar 1 (Bartelt et al., 2015). Pada implementasi di kota Zhuhai, pada jaringan TD-SCDMA menunjukkan adanya efisiensi biaya dan fleksibilitas instalasi,

dan lebih hemat dalam penggunaan energi pada jaringan *fronthaul*, sehingga dapat mengurangi biaya CAPEX dan OPEX sebesar 53% dan 30% masing-masing untuk sel baru pada penggunaan arsitektur C-RAN (Susanto and Hartono, 2017).



Gambar 1. Arsitektur *Fronthaul* pada Jaringan LTE (Bartelt et al., 2015)

2.2. Base Band Unit (BBU)

BBU merupakan sebuah perangkat yang berisi *port-port* yang digunakan untuk menyambung semua perangkat yang terdapat pada sisi *base transceiver station* (BTS). BBU juga memproses *baseband* dalam sistem telekomunikasi yang berfungsi sebagai pusat kerja dari suatu BTS itu sendiri, yang merupakan prosesor untuk mengatur masuk dan keluarnya suatu data, fungsi *cooler*, alarm, dan penggunaan frekuensi (Susanto and Hartono, 2017).

2.3. Remote Radio Head (RRH)

RRH merupakan *transceiver* radio jarak jauh yang langsung terhubung ke unit *base station radio* melalui *interface* listrik atau nirkabel. RRH disebut *remote* karena biasanya dipasang di lokasi *tower top*, yang secara fisik agak jauh dari perangkat keras *base station* yang dipasang di lokasi rak *indoor* dalam suatu teknologi sistem nirkabel, seperti GSM, CDMA, UMTS, dan LTE. Peralatan ini akan digunakan untuk memperluas cakupan BTS, NodeB, atau eNodeB, seperti daerah perdesaan dan perkotaan. RRH biasanya terhubung melalui kabel serat optik dengan menggunakan protokol *common public radio interface* (CPRI) (Susanto and Hartono, 2017).

2.4. Transmisi *Microwave*

Microwave merupakan bentuk dari pancaran radio yang ditransmisikan dengan melalui udara, serta diterima dengan menggunakan peralatan semacam antena yang berbentuk bundar, dan biasanya dipasang di gedung yang tinggi atau *tower*. Sinyal *microwave* tidak dapat diblok oleh gedung atau lembah. Untuk melakukan transmisi, harus dihindari adanya penghalang atau kemiringan bumi. Agar posisi antargedung tidak terhalang, maka diperlukan menara untuk menempatkan antena lebih tinggi lagi, agar tetap dalam posisi *line of sight* (LOS) (Wahyudin, Hikmaturokhman, and S. Alia, 2017).

Kelebihan menggunakan *microwave*:

- a. Jangkauan yang luas untuk komunikasi *point to point*;
- b. Instalasi yang mudah dan waktu yang dibutuhkan untuk penggelaran jauh lebih cepat dibandingkan *fiber optic*;
- c. *Data rate* tinggi;
- d. Dapat menggunakan frekuensi *unlicensed band* dalam propagasinya di udara (Wahyudin and Hikmaturokhman, 2018).

3. Metode Penelitian

3.1. Perhitungan Coverage

Perencanaan berdasarkan cakupan atau *planning by coverage* adalah metode yang digunakan untuk melakukan estimasi jumlah eNodeB berdasarkan cakupannya, dengan memperhatikan kualitas yang diterima oleh *cell edge*. Untuk membuat *planning coverage*, hal yang paling utama dilakukan adalah perhitungan *link budget*, yang berguna untuk mendapatkan hasil prediksi nilai MAPL antara *transmitter* dengan *receiver* pada sisi *uplink* dan *downlink* (Forconi and Vaser, 2015).

3.1.1. Model Propagasi Cost-231 Hata

Tabel 1. Parameter *Link Budget* LTE Frekuensi 1800 Mhz (Motorola, 2011)

<i>Downlink Link Budget</i>				
	<i>Transmitter-EnodeB</i>	Satuan	Nilai	Kalkulasi
a	Tx Power	dBm	46	a
b	Tx Antenna Gain	dBi	18	b
c	Cable Loss	dB	2	c
d	EIRP	dBm	62	d=a+b-c
Receiver-UE				
e	UE Noise Figure	dB	7	e
f	Thermal Noise	dB	-173,844	f=kT
g	SINR	dB	11	g
h	Bandwidth System		71,30334	h=15*12*75*1000
i	Receiver Sensitivity	dBm	-84,5412	i=e+f+g+h
j	Interference Margin	dB	4	j
k	Rx Antenna Gain	dBi	0	k
l	Body Loss	dB	0	l
m	MAPL	dB	142,5412	n=d-i-j-k+l

Model propagasi *cost-231* Hata adalah model propagasi yang digunakan pada daerah *outdoor*. Pada perencanaan ini, pemodelannya menggunakan frekuensi 1800 Mhz. Untuk dapat menghitung model propagasi, dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$L_{urban} = 46,3 + 33,9 \log(f) - 13,82 \log(h_{te}) - a(h_{re}) + (44,9 - 6,55 \log(h_{te})) \log d + CM \dots \dots \dots 1)$$

Sedangkan untuk mencari nilai $a(h_m)$, dapat menggunakan persamaan 2:

$$a(h_{re}) = (1,1 \log(f) - 0,7) \times h_{re} - (1,58 \log(f) - 0,8) \dots \dots \dots 2)$$

Dengan :

- f : frekuensi yang dimulai dari 150 Mhz hingga 2000 Mhz
- h_{te} : Tinggi efektif eNodeB berdasarkan kisaran 30 m hingga 200 m
- h_{re} : Tinggi efektif antena UE dari 1 m sampai 10 m
- d : Jarak antar EnodeB dengan UE (km)
- CM : 0 dB digunakan untuk ukuran medium kota dan daerah *suburban*
- CM : 3 dB digunakan untuk daerah pusat kota (metropolitan)

3.2. Perhitungan Capacity

Perencanaan kapasitas merupakan tahapan awal dalam perencanaan kapasitas yang bertujuan untuk menentukan *cell* radius dan mengestimasi jumlah eNodeB yang diperlukan (Huawei, 2011).

3.2.1. Forecasting Jumlah Pelanggan

Forecasting adalah metode awal yang digunakan untuk mengetahui dan juga memprediksi jumlah pelanggan yang akan menggunakan layanan, terutama layanan LTE pada suatu daerah pada beberapa tahun yang akan datang (Parindra, 2015). Metode *forecasting* ini menggunakan persamaan 3.

$$Un = Uo \times (1+Fp)^N \dots\dots\dots 3)$$

dengan:

- Un : jumlah pelanggan pada tahun ke-n
- Uo : jumlah pelanggan pada tahun acuan
- Fp : faktor pertumbuhan pelanggan
- N : tahun yang akan diprediksi

3.2.2. Single User Throughput (SUT)

SUT merupakan hasil penjumlahan semua *throughput* setiap layanan saat kondisi jam sibuk yang digunakan pada satu *user*. SUT didapatkan berdasarkan *traffic* model dan *service* model (Huawei, 2011).

$$SUT = \frac{\sum(Throughput \times BHSa \times Penetration Rate (1+PAR))}{3600} \dots\dots\dots 4)$$

dengan :

- Busy Hour Session Attempt* (BHSa) : Untuk setiap *user*
- Penetration Rate* : Proporsi dari tipe layanan
- Peak to Average Ratio* (PAR) : Persentase lonjakan *traffic*
- 3.600 : Jumlah detik dalam satu jam

3.2.3. Perhitungan Network Throughput

Network throughput didapatkan dari *service* model dan data jumlah *user* yang digunakan pada daerah perencanaan. *Network throughput* adalah total yang didapatkan dari *throughput demand* yang dibutuhkan untuk dapat melayani seluruh *user* pada wilayah perencanaan (Huawei, 2011).

$$Network Throughput = total target user \times single user throughput \dots\dots\dots 5)$$

3.2.4. Perhitungan Cell Throughput

Cell throughput biasa disebut *cell capacity*, yang merupakan suatu *cell* yang dapat menangani kapasitas secara maksimal. Untuk menghitung *cell throughput*, dapat mengacu modulasi dan *code rate* yang digunakan (Huawei, 2011).

$$DL Throughput cell + CRC = (168 - 36 - 12) \times code bits \times code rate \times Nrb \times C \times 1000 \dots\dots\dots 6)$$

di mana:

- CRC : 24
- 168 : jumlah *resource element* (RE) dalam 1 ms
- 36 : jumlah *resource control channel* RE dalam 1 ms
- 12 : jumlah *reference signal* RE dalam 1 ms
- 24 : jumlah *reference signal* RE dala 1 ms pada *uplink*
- Code bits : *modulation Efficiency*
- Code rate : *channel coding rate*
- Nrb : jumlah *resource block* yang digunakan
- C : mode antena MIMO

3.2.5. Perhitungan Jumlah Site

Untuk menentukan total *site* yang dibutuhkan, maka terlebih dahulu menghitung total jumlah *cell* yang didapatkan (Huawei, 2011).

$$\text{Number of cell} = \frac{\text{DL Network throughput}}{\text{Throughput per cell}} \dots\dots\dots 7)$$

$$\text{Number of Site} = \frac{\text{Number of cell}}{\text{Number of cell per site}} \dots\dots\dots 8)$$

3.3. Perhitungan *Link Budget Fronthaul Microwave*

Untuk menentukan *link budget fronthaul microwave*, maka dibutuhkan perencanaan sesuai parameter yang terdapat pada *microwave*, sehingga tercipta suatu *line of sight* yang diharapkan sesuai dengan ketentuan. Oleh karena itu, dibutuhkan perhitungan sebagai berikut (Wahyudin, Temmerman Simanihuruk, and Hikmaturokhman, 2018):

3.3.1. Jalur Transmisi *Microwave*

Jarak antar-BTS dapat dihitung dengan cara menentukan posisi nominal dua titik pada garis bumi dan menghitung jaraknya. Letak nominal titik biasanya dinyatakan dalam garis lintang dan garis bujurnya (Wahyudin, Temmerman Simanihuruk, and Hikmaturokhman, 2018).

$$\text{Pathlength} = \sqrt{(\text{jarak lintang})^2 + (\text{jarak bujur})^2} \dots\dots\dots 9)$$

3.3.2. *Gain* Antena

Gain antenna mengukur kemampuan dengan mengirimkan gelombang ke arah yang akan dituju (Wahyudin and Hikmaturokhman, 2018).

$$G = 20 \log f + 20 \log d + 10 \log \eta + 20,4 \dots\dots\dots 10)$$

di mana:

- G : *gain*/penguatan antena (dB)
- η : efisiensi antena (%)
- d : diameter antena (m)
- f : frekuensi kerja (GHz = Hertz yang sudah dikonversi ke 109)

3.3.3. *Free Space Loss* (FSL)

FSL merupakan redaman yang ada sepanjang ruang antara antena pemancar dan penerima. Pada ruang ini, tidak diizinkan adanya suatu penghalang, karena transmisinya sendiri berkarakter LOS (Wahyudin and Hikmaturokhman, 2018).

$$\text{FSL} = 92,45 + 20 \log f \text{ (km)} + 20 \log D \text{ (km)} \dots\dots\dots 11)$$

di mana:

- FSL : *free space loss* (dB)
- f : frekuensi
- D : jarak antara antena pemancar dan penerima (km)

3.3.4. *Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP)

EIRP adalah daya mkasimum gelombang sinyal mikro yang keluar dari antena *transmitter* untuk menunjukkan nilai efektif daya yang dipancarkan antena pemancar, dalam arti lain, daya tersebut sudah mengalami penguatan (Wahyudin and Hikmaturokhman, 2018).

$$\text{EIRP} = P_{\text{TX}} + G_{\text{ant}} - L_{\text{TX}} \dots\dots\dots 12)$$

di mana:

- EIRP : *effective Isotropic Radiated Power* (dBm)
- P_{TX} : daya Pancar (dBm)
- G_{ant} : *gain* Antena (dBi), L_{TX} : *Loss* Pemancar (dB)

3.3.5. Redaman Hujan

Redaman hujan sangat berpengaruh ketika akan melakukan perencanaan *fronthaul* arena, termasuk pada perencanaan LOS. Untuk pembagian daerah, setiap area sangat berpengaruh terhadap metode ITU-R Virgants-Barnett, yaitu pembagian daerah hujan berdasarkan ITU-R P_n 837-1 (Wahyudin, Hikmaturokhman, and S. Alia, 2017).

$$A_{\text{eff}} : A \times D \times r \dots\dots\dots 13)$$

$$A : a \times R^b \dots\dots\dots 14)$$

$$r : \frac{90}{90+4D} \dots\dots\dots 15)$$

di mana:

- A_{eff} : redaman hujan efektif (dB)
- A : redaman karena hujan (dB/km)
- R : besarnya curah hujan dalam (mm/jam)
- r : faktor reduksi
- D : panjang Lintasan (km)

3.3.6. Isotropic Received Level (IRL)

IRL merupakan nilai level daya *isotropic* yang diterima oleh stasiun penerima. Nilai IRL ini bukan nilai daya yang diterima oleh sistem atau rangkaian *decoding*, akan tetapi nilai ini adalah nilai level daya terima antenna stasiun penerima. Saat hujan pun, untuk IRL memengaruhi, yakni saat hujan dapat menggunakan persamaan 14 (Hikmaturokhman, Wahyudi, and Sulaiman, 2014).

$$IRL = EIRP - FSL \dots\dots\dots 16)$$

$$IRL = EIRP - (FSL+Latm) \dots\dots\dots 17)$$

dengan:

- RSL : *received signal level* (dBm)
- IRL : *isotropic received level* (dBm)
- FSL : *free space loss* (dB)

3.3.7. Received Signal Level (RSL)

Received signal level (RSL) merupakan level daya yang diterima oleh peranti pengolah *decoding*. Nilai RSL ini dipengaruhi oleh rugi-rugi jalur di sisi antenna penerima dan *gain* antenna penerima (Hikmaturokhman, Wahyudi, and Sulaiman, 2014).

$$RSL = IRL + G_{RX} - L_{RX} \dots\dots\dots 18)$$

di mana:

- G_{RX} : *gain* Antena Penerima (dBi)
- L_{RX} : *Loss* Penerima (dB)

3.3.8. Availability

Availability adalah ukuran keandalan sistem. Semua sistem idealnya harus menggunakan *availability* 100%. Akan tetapi, hal tersebut tidak mungkin, karena dalam sistem pasti terdapat kegagalan sistem dalam memberikan pelayanan, atau sering disebut dengan ketidakandalan (*unavailability*). Istilah lain dari *availability* adalah *reliability*, yaitu kemampuan sistem dalam memberikan pelayanan. Untuk menghitung *unavailability* (*unAvpath*), menggunakan persamaan 19, dan menghitung *availability* (*Avpath*), menggunakan persamaan 20 (Wahyudin and Hikmaturokhman, 2018).

$$UnAvpath = a \times b \times 2,5 \times f \times D^3 \times 10^{-6} \times 10^{-FM/10} \dots\dots\dots 19)$$

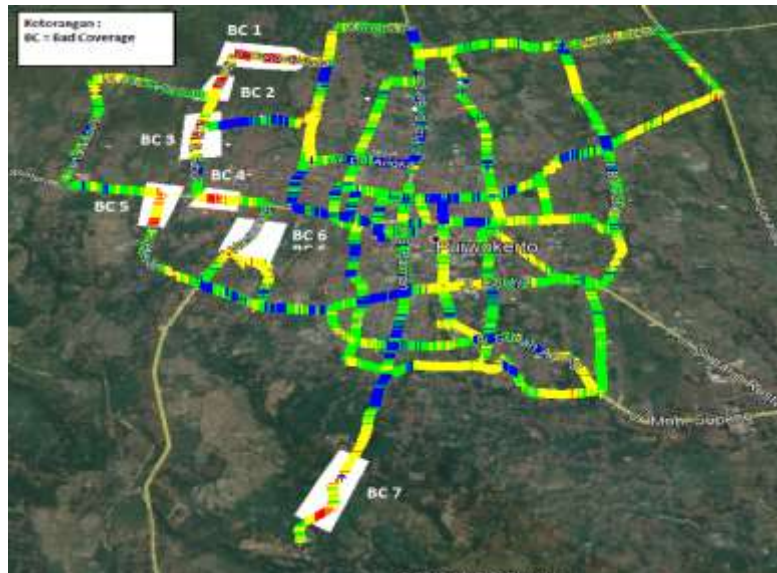
$$Avpath = (1 - UnAvpath) \times 100\% \dots\dots\dots 20)$$

di mana:

- D = Panjang lintasan (km)
- F = Frekuensi (GHz)
- a = Faktor kekasaran bumi
 - a:4 = Untuk daerah halus, laut, danau, dan gurun
 - a:1 = Untuk daerah kekasaran rata-rata, daratan
 - a:1/2 = Untuk pegunungan dan dataran tinggi
- b = Faktor iklim
 - b: 1/2 = Untuk daerah panas dan lembab
 - b: 1/4 = Untuk daerah normal
 - b: 1/8 = Untuk daerah pegunungan (sangat kering)

3.4. Perencanaan Link Fronthaul

Penelitian *link fronthaul* frekuensi 71 GHz dilakukan di kota Purwokerto berdasarkan hasil *drive test* yang digambarkan pada Gambar 2. Dari gambar tersebut, didapatkan 6 *bad coverage*, di mana setiap masing-masing *bad coverage* terdapat pada Kecamatan Purwokerto Utara, Purwokerto Barat, dan Purwokerto Selatan. Untuk penentuan *link fronthaul*, dapat dibuat dengan *site hop* antara *site Existing* yang terdekat dengan *bad coverage*, dan melihat jarak terdekat dengan *site* yang akan dibuat *link fronthaul*, karena penelitian ini menggunakan frekuensi 71 GHz dengan jarak maksimal 1,5 km. Untuk penentuan *link fronthaul* dari hasil *drive test*, dapat dilihat pada Gambar 3.



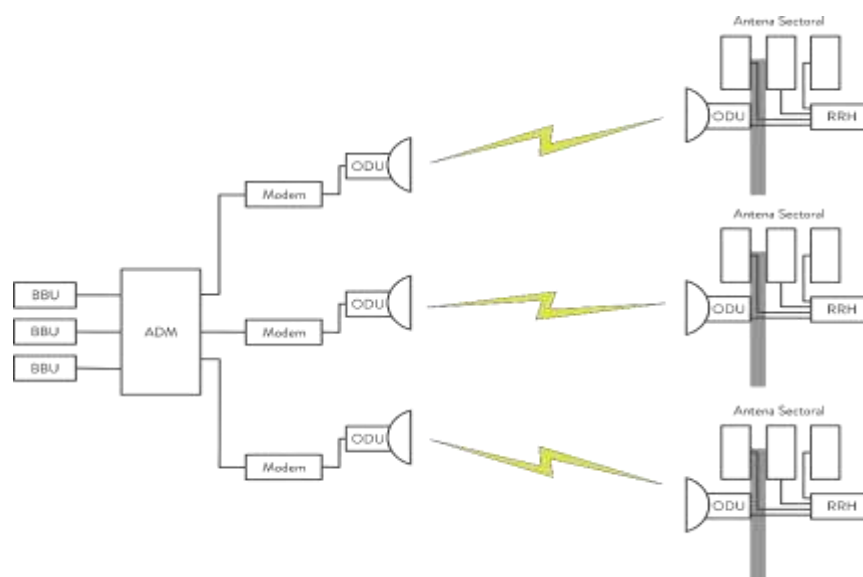
Gambar 2. Bad Coverage dari Hasil Drive Test

Pada Tabel 2, terdapat 6 *hop* yang akan dibuat *link fronthaul* masing-masing kecamatan menggunakan satu *site existing*, dan ditambahkan dengan eNodeB baru untuk membuat *link* tersebut agar dapat mencukupi area *bad coverage*, meningkatkan *throughput* pada daerah perencanaan, dan dapat menciptakan *availability* yang baik pada *link fronthaul*.

Tabel 2. Perencanaan Site Hop Link Fronthaul

Nama Site EnodeB Existing	Nama Site EnodeB Baru Fronthaul
Site Bobosan	Site 1 Beji
	Site 2 Karangsalam
	Site 3 Alfamart Pasirmuncang
Site Pasirmuncang	Site 4 Perumahan GS Bantar Soka
Site Tanjung	Site 5 Tanjung
Site Pamujan	Site 6 Gunung Tugel

Pada Gambar 3, dijelaskan bahwa *fronthaul* adalah transmisi antara *base band unit* (BBU) yang berada pada *existing site* (site yang sudah ada) dengan *remote radio head* (RRH) yang berada eNodeB baru (*site baru*), dengan media transmisi yang digunakan pada penelitian ini adalah *microwave*. Tugas dari BBU sendiri adalah untuk menerjemahkan aliran data yang yang berasal dari pusat jaringan pada sentral, di mana sinyal yang dikirim dari BBU melalui udara dan berfungsi sebagai aliran data yang diambil dari RRH, dan mengubahnya dalam bentuk yang sesuai dengan jalur pada suatu jaringan. Sedangkan, tugas ODU adalah untuk mengubah atau mengonversi sinyal yang memiliki frekuensi rendah (*intermediate frequency*) dari modem yang berada pada antenna *microwave*, yang besarnya adalah 71 GHz, dan mengubahnya menjadi sinyal *radio frequency* (RF) yang diterima oleh RRH, yang kemudian berfungsi untuk memperluas cakupan EnodeB yang dipancarkan oleh antenna sektoral dan diterima oleh *user*. Pada link *fronthaul*, tugas dari RRH dapat mendukung cakupan sinyal yang dapat memberikan kapasitas yang tinggi pada area-area tertentu yang memiliki *bad coverage*. Melalui *fronthaul*, transmisi dari BBU menuju RRH dapat menghemat biaya, efektif, dan terutama penghematan daya RRH, yang dapat mengoperasikan *relay* dan meneruskan sinyal yang diterima oleh UE ke titik terpusat, yakni BBU.



Gambar 3. Desain Link Fronthaul Microwave

Pada penelitian ini, terdapat beberapa parameter yang akan dianalisis, yaitu sisi radio akses, menggunakan *software* Atoll 3.3.0, meliputi perencanaan *coverage* dan parameter: yang dianalisis adalah *reference signal receive power* (RSRP) dan *carrier to interference noise ratio* (CINR). Sedangkan, perencanaan kapasitas untuk mengetahui kebutuhan *throughput* pada tiga daerah perencanaan, yakni Purwokerto Barat, Purwokerto Utara, dan Purwokerto Selatan. *Software* Pathloss 5.0 digunakan untuk

menyimulasikan *link fronthaul microwave*, dan parameter yang diukur adalah *receive signal level (RSL)*, *annual multipath availability*, dan *annual rain availability*.

Spesifikasi Perangkat *Microwave* untuk *Link Fronthaul* pada simulasi perencanaan *link fronthaul* dapat dilihat pada Tabel 3. Spesifikasi tersebut berdasarkan data perangkat yang digunakan di lapangan.

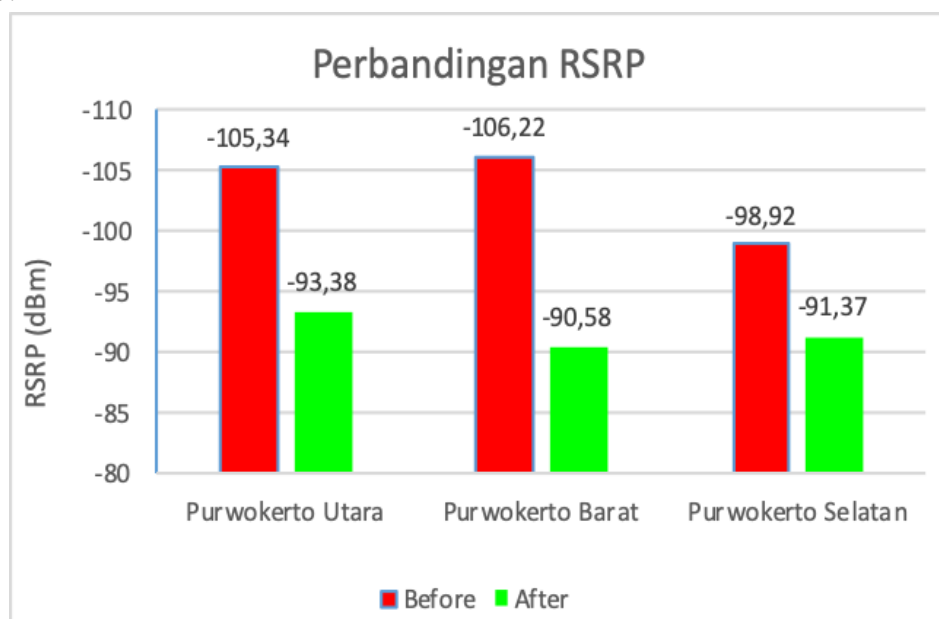
Tabel 3. Spesifikasi Perangkat Radio *Microwave* (Pasolink, 2016)

Manufacturer	NEC
Model	iPasolink Ex Advanced
Application type	<i>Adaptive Modulation and Bandwidth Radio</i>
Frequency Range	71–76 Ghz dan 81–86 Ghz
Tx Power	9 dBm
Rx Threshold 1E-BER-6	-48 dBm
Modulation	QPSK/8PSK/16/32/64/128/256QAM with AMBR
Bandwidth	62.5/125/250/500/750/1000/2000MHz (ETSI/ANSI)
Maximum Link Capacity	10 Gbps (2000Mhz/128QAM)

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1. Perencanaan *Coverage*

Hasil penelitian ini berupa simulasi pada sisi radio akses, yaitu RSRP, sedangkan CINR untuk sisi *coverage* menggunakan perhitungan *cost 231*, dan sisi *capacity* menyimulasikan seberapa besar *throughput* pada daerah perencanaan. Gambar 4 menampilkan hasil perbandingan RSRP sebelum dan sesudah ditambahkan eNodeB baru untuk membuat *link fronthaul*, berdasarkan penempatan eNodeB baru adalah *bad coverage*.

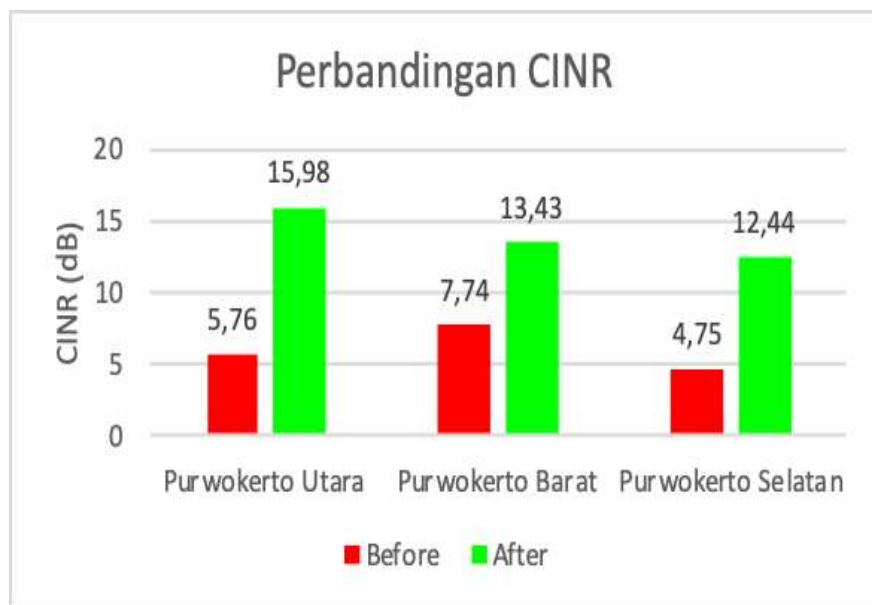


Gambar 4. Perbandingan *Before* dan *After* eNodeB Baru RSRP untuk *Link Fronthaul*

Pada Gambar 4, dijelaskan bahwa ketika daerah tinjauan, yakni Purwokerto Utara, Purwokerto Barat, dan Purwokerto Selatan, belum ditambahkan eNodeB baru, yakni masih terdapat beberapa daerah yang masih terindikasi *bad coverage* berdasarkan hasil *drive test*, dengan rata-rata parameter RSRP sebesar -103,49 dBm, di mana pada klasifikasi tersebut masih dalam keadaan normal, akan tetapi mendekati ke klasifikasi buruk. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka ditambahkan eNodeB baru untuk menutupi atau

mencakup area *bad coverage* di masing-masing kecamatan sesuai dengan kebutuhan *site* yang akan ditambahkan, di mana untuk penambahan eNodeB baru, untuk pengaturan pada Atoll, sama dengan yang ada pada *site existing*, hanya saja, penempatan antena sektoral harus sesuai dengan arah pancaran ke area *bad coverage*, dengan memperhatikan area tersebut, juga area yang memiliki penduduk yang tidak terlalu sedikit, agar pada penempatan eNodeB baru tersebut tidak sia-sia. Setelah ditambahkan eNodeB baru, maka nilai parameter RSRP meningkat menjadi rata-rata -91,7 dBm, dengan persentase kenaikan 20% dan dalam klasifikasi *good*. Oleh karena itu, perencanaan eNodeB baru untuk mencakup area *bad coverage* berhasil, karena mengalami peningkatan.

Grafik yang ditampilkan pada Gambar 5 merupakan hasil perbandingan parameter CINR sebelum dan sesudah ditambahkan eNodeB baru untuk mengatasi area *bad coverage* pada daerah perencanaan, dengan menambahkan eNodeB baru untuk membuat *link fronthaul*. CINR sendiri merupakan perbandingan antara daya *carrier* dengan daya *noise*, di mana pada simulasi tersebut, bahwa ketika sebelum ditambahkan eNodeB baru, maka daya *carrier* atau pembawa dengan daya *noise* yang dihasilkan buruk, karena hanya ada satu *site*, sehingga tidak mampu membawa daya *carrier* yang bagus. Setelah ditambahkan eNodeB baru, maka daya *carrier* dan *noise*-nya mampu melingkupi *site existing* yang memiliki daya *carrier* yang rendah. Pada hasil tersebut, menunjukkan rata-rata parameter CINR setelah ditambahkan eNodeB baru meningkat nilainya menjadi 13,95 dB dalam klasifikasi *good* untuk tiga kecamatan, sehingga mengalami kenaikan sebesar 12%. Angka tersebut merupakan angka yang baik, sebagai kenaikan parameter yang bagus pada simulasi *coverage*, untuk parameter CINR berhasil dalam perancangan.



Gambar 5. Perbandingan *Before* dan *After* CINR ENodeB Baru untuk *Link Fronthaul*

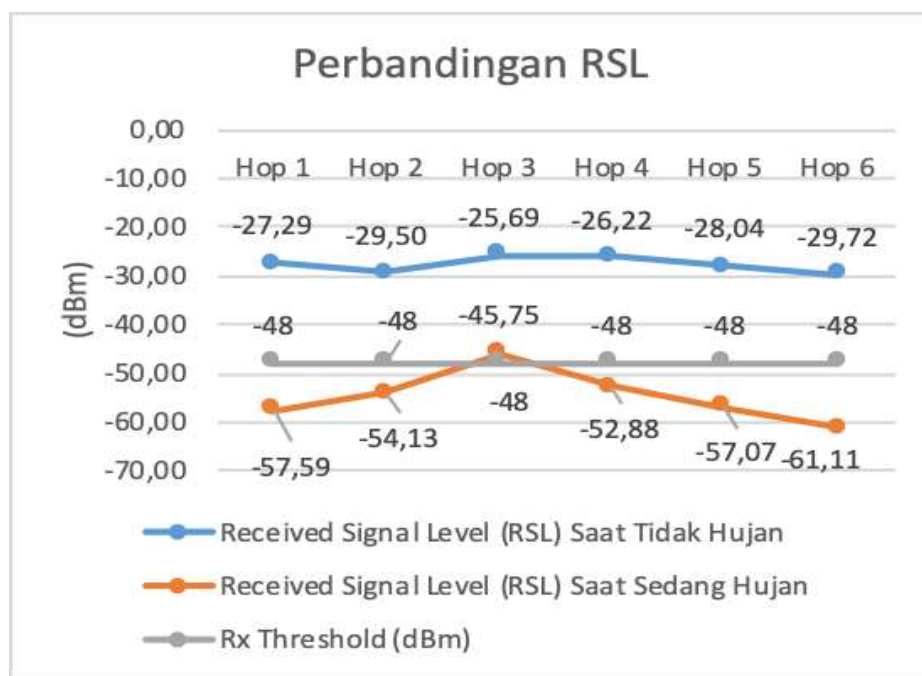
4.2. Perencanaan *Capacity*

Dari hasil simulasi *user connected* dan *throughput* pada Tabel 4, setelah ditambahkan eNodeB baru untuk *link fronthaul*, pada daerah perencanaan mengalami kenaikan *throughput* rata-rata 90,77 Mbps, dengan persentase kenaikan 83% dari sebelum ditambahkan *new site*. Jadi, penyebab *throughput* meningkat setelah ditambahkan eNodeB baru pada daerah tersebut adalah karena semakin dekat *user* dengan *site* dan semakin banyak *user* yang *connect*.

Tabel 4. Hasil Simulasi *User Connected* dan *Throughput Before* dan *After ENodeB* baru untuk *Link Fronthaul*

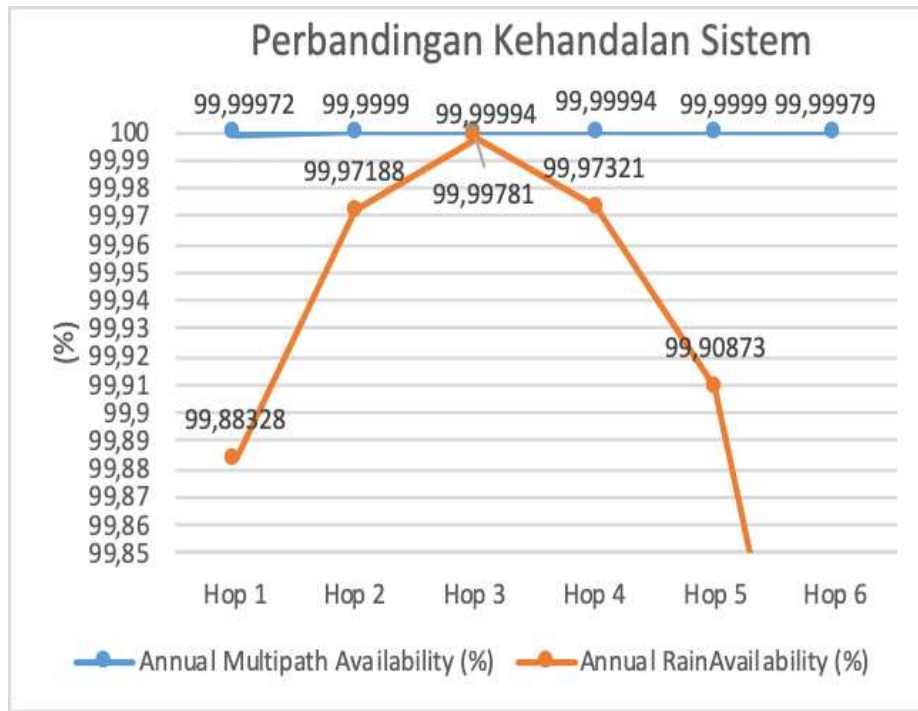
Simulasi <i>Average Capacity</i>	Jumlah <i>User</i>	<i>User Connected</i>	<i>User Rejected</i>	Persentase <i>User Connected (%)</i>	<i>Throughput UL dan DL (Mbps)</i>	
					<i>Demand DL</i>	<i>Result DL</i>
Purwokerto Utara tanpa <i>Fronthaul</i>	9.249	8.782	466	95	158,2	71,06
Purwokerto Utara dengan <i>Fronthaul</i>	9.242	9.242	0	100	155,85	129,08
Purwokerto Barat tanpa <i>Fronthaul</i>	5.639	5.445	194	96,6	96,24	40,15
Purwokerto Barat dengan <i>Fronthaul</i>	5.634	5.634	0	100	95,82	80,82
Purwokerto Selatan tanpa <i>Fronthaul</i>	4.435	4.121	315	92,9	75,71	45,27
Purwokerto Selatan dengan <i>Fronthaul</i>	4.432	4.432	0	100	75,53	62,41

4.3. Analisis Hasil Perancangan *Link Fronthaul Microwave* Frekuensi 71 GHz



Gambar 6. Perbandingan RSL saat Tidak Hujan dan saat Terjadi Hujan

Pada Gambar 6, dijelaskan bahwa hasil simulasi RSL atau level daya terima saat kondisi tidak hujan, hasilnya di atas ambang batas, yakni rata-rata 6 hop, perencanaan hasil RSL sebesar -27,80 dBm. Akan tetapi, saat terjadi hujan, nilai RSL akan turun di bawah ambang batas minimum, yakni rata-rata -57,23 dBm. Pada saat terjadi hujan, butiran hujan pun memengaruhi nilai RSL, karena membawa *noise*. Jadi, semakin tinggi frekuensi, maka jarak semakin jauh, kemudian saat terjadi hujan, maka level daya terima akan buruk.



Gambar 7. Perbandingan Annual Multipath Availability dan Annual Rain Availability

Pada hasil simulasi *fronthaul microwave* (Gambar 7), keandalan sistem saat terjadi *multipath* dan saat terjadi hujan, hasilnya akan berbeda. *Link fronthaul* saat terjadi *multipath* setahun rata-rata keandalan sistem pada 6 hop perencanaan nilainya baik, yaitu 99,999%. Akan tetapi, saat terjadi hujan, rata-rata untuk seluruh hop perencanaan hasil *availability* 90,90%. Jadi, perencanaan *fronthaul* menggunakan frekuensi di kecamatan Purwokerto Utara, Purwokerto Barat, dan Purwokerto Selatan saat terjadi hujan, keandalan sistemnya buruk.

5. Simpulan dan Saran

Hasil perencanaan *fronthaul microwave* frekuensi 71 GHz di tiga kecamatan Purwokerto, dilihat pada sisi radio akses, terutama dari sisi *coverage*, dengan rata-rata RSRP -91,7 dBm dan CINR sebesar 13,94 dBm, maka *capacity* meningkat 90,7 Mbps dengan persentase kenaikan 83%. Nilai level daya terima *link fronthaul microwave* saat terjadi hujan menurun, -57,23 dBm, di bawah ambang batas minimum yang ditetapkan, yaitu -48 dBm. Sedangkan, saat tidak terjadi hujan, RSL-nya di atas ambang batas minimum, yaitu -27,80 dBm. Untuk *availability* dalam setahun saat hanya terjadi *multipath*, keandalan sistemnya pada 5 hop perencanaan 99,999%, dan saat terjadi hujan, keandalan sistemnya menurun 99,90%. Jadi, dapat disimpulkan bahwa penelitian *fronthaul microwave* frekuensi 71 GHz di kecamatan Purwokerto Utara, Purwokerto Selatan, dan Purwokerto Barat, dari sisi *coverage* berhasil diimplementasikan, di mana *link fronthaul* akan buruk saat terjadi hujan. Setelah melakukan perancangan *fronthaul microwave* di atas, sebaiknya jarak untuk penentuan link *fronthaul* lebih pendek, maksimal 500 m.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Rafi, selaku *Staff Supervisor*, dan Bapak Adit, selaku *Technical Support* PT Telkomsel Purwokerto, yang telah memberikan ilmu, masukan, dan data *site existing* untuk melancarkan pengerjaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Bartelt, Jens et al. 2015. "Fronthaul and Backhaul Requirements of Flexibly Centralized Radio Access Networks." *IEEE Wireless Communications* 22(5): 105–111.
- Forconi, Sonia, and Manuela Vaser. 2015. "4G LTE Architectural and Functional Models of Video Streaming and VoLTE Services." *International Conference on Ubiquitous and Future Networks, ICUFN*: 787–792.
- Hawary, Muhammad, Ir Akhmad Hambali, M Irfan Maulana, and Prodi S Teknik. 2018. "Perencanaan dan Analisa Fronthaul Fiber Optik untuk Komunikasi Radio pada Jaringan LTE." 5(3): 5438–5443.
- Hikmaturokhman, Alfin, Eka Wahyudi, and Hendri Sulaiman. 2014. "Analisa Pengaruh Interferensi Terhadap Availability Pada Jaringan Analisa Pengaruh Interferensi Terhadap Availability Pada Jaringan Transmisi Microwave Menggunakan Software PATHLOSS 5.0 Studi Kasus Di PT . Alita Praya Mitra." *Ecotipe* 1(April).
- Huawei. 2011. "LTE Network Capacity Dimensioning."
- Lehrmann, Henrik et al. 2014. "Cloud RAN for Mobile Networks - a Technology Overview."
- Motorola. 2011. *LTE RF Planning Guide*.
- Parindra, Yoyok Dwi. 2015. "LTE – Planning & Basic Optimization Introduction."
- Pasolink, NEC. 2016. "NEC Ipasolink Ex Advanced."
- Susanto, Tri, and K.J Hartono. 2017. "Research Strategy of C-Ran Implementation in Telkomsel Through Collaboration of Ng-Pon2 Network in Telkom Access Using Strategic Situation." *Manajemen Indonesia* 17(April 2017): 49–66.
- Wahyudin, Ade, and Alfin Hikmaturokhman. 2018. *Perancangan Jaringan Gelombang Mikro Menggunakan Pathloss 5.0*. ed. Uke Kurniawan Usman. Purwokerto: CV. Pustaka Ilmu Group Yogyakarta.
- Wahyudin, Ade, Alfin Hikmaturokhman, and S Alia. 2017. "Comparison Analysis Of Passive Repeater Links Prediction Using Methods: Barnett Vigants & ITU Models." : 142–147.
- Wahyudin, Ade, Erna Temmerman Simanihuruk, and Alfin Hikmaturokhman. 2018. "Perencanaan Dan Analisa Kapasitas Jaringan Transport Operator X Dengan Menggunakan Metode Overbooking Area Jombang Rawa." 19(1): 29–36.