

Analisa Pengaruh Interferensi Terhadap *Availability* pada Jaringan *Microwave* dengan *Passive Repeater*

Zein Hanni Pradana¹, Khoirun Ni'amah², dan Solichah Larasati³

^{1,2,3}Institut Teknologi Telkom Purwokerto

Jalan D.I Panjaitan No 128 Purwokerto, 53142, Indonesia

zeindana@ittelkom-pwt.ac.id¹, irun@ittelkom-pwt.ac.id², laras@ittelkom-pwt.ac.id³

Abstrak— Penelitian ini melakukan perancangan dan simulasi pada jaringan *microwave site* Cibadak-Cipetir dengan jarak 11,42 Km, frekuensi yang digunakan 37 GHz dan menggunakan *passive repeater back-to-back* dengan pengaruh interferensi. Perancangan jaringan *microwave* ini dilakukan menggunakan *software* simulasi Pathloss 5.0 dengan memasukkan data *site* berupa *latitude*, *longitude* dan elevasi, kemudian melakukan pengaturan pada antena, jenis radio akses, redaman hujan dan *passive repeater back-to-back*. Daerah pada *site* Cibadak-Cipetir merupakan daerah perbukitan, sehingga untuk mendukung agar *site* Cibadak dan Cipetir dapat berkomunikasi, maka digunakan *passive repeater back-to-back* yang ditempatkan ditempat tertinggi antara kedua *site* tersebut. Parameter yang dianalisa pada performansi jaringan *microwave link* Cibadak-Cipetir ini adalah *availability* berdasarkan standar ITU-T-G.821. Simulasi pada perancangan *link* Cibadak-Cipetir yang telah dilakukan tanpa menggunakan *passive repeater* didapatkan nilai *availability* sebesar 98,57875%, setelah ditambahkan *passive repeater back-to-back* antena mengalami peningkatan nilai *availability* menjadi 99,55955%. Interferensi terjadi karena menggunakan frekuensi yang sama pada dua antena pada *site* yang sama. Nilai *availability* ini belum memenuhi standar ITU-T-G.821 dikarenakan ada banyak *multipath* pada daerah *site* tersebut, untuk selanjutnya dapat dilakukan optimasi pada *link* jaringan *microwave* ini.

Kata kunci— Microwave, Cibadak-Cipetir, Passive repeater back-to back, Pathloss 5.0.

Abstract— This research design and simulation on the site Cibadak-Cipetir microwave network with a distance of 11.42 Km, the frequency used is 37 GHz and uses a back-to-back passive repeater with the influence of interference. The design of this microwave network is using Pathloss 5.0 simulation software input data site latitude, longitude and elevation, setting parameter antenna, type of radio access, rain attenuation and back-to-back passive repeater. The area at the Cibadak-Cipetir site is a hilly area, so to support the Cibadak and Cipetir sites to communicate, a back-to-back passive repeater is used which is placed in the highest place between the two sites. The parameters analyzed on the performance of the Cibadak-Cipetir microwave link network is availability based on the ITU-T-G.821 standard. Simulations on the design of the Cibadak-Cipetir link that have been carried out without using a passive repeater obtained an availability value of 98.57875%, after adding the passive repeater back-to-back antenna, the availability value increased to 99.55955%. Interference occurs because it uses the same frequency on two antennas on the same site. This availability value has not the ITU-T-G.821 standard because the many multipaths in the site area, so that further optimization can be done on this microwave network link.

Keywords— Microwave, Cibadak-Cipeti, Passive repeater back-to back, Pathloss 5.0.

I. PENDAHULUAN

Komunikasi pada jaringan *microwave* digunakan pada *Base Transceiver Station* (BTS) yang menghubungkan antara tower pemancar dengan *receiver Mobile Station* (MS) dalam pengiriman informasi yang memiliki kapasitas yang besar. Jaringan *microwave* memanfaatkan gelombang elektromagnetik yang memiliki frekuensi tinggi yaitu 2-24 GHz (Hikmaturokhan, Wahyudi, & Sulaiman, 2014) sehingga memudahkan masyarakat dalam mengakses internet dan mendapatkan layanan informasi walaupun diderah yang terpencil.

Karakteristik dari jaringan *microwave* harus *Line of Sight* (LOS), namun pada kenyataannya sering mengalami gangguan yang disebabkan karena antena, pengaruh atmosfer, pengaruh terrain, pengaruh lingkungan dan cuaca serta interferensi yang

terjadi. Negara Indonesia merupakan negara yang terdapat banyak sekali pegunungan dan perbukitan yang menyebabkan permukaan tanah tidak memiliki tinggi yang sama (Attamimi & Rachman, 2014). Gangguan pada jaringan transmisi *microwave* menyebabkan suatu informasi yang dikirimkan tidak akan maksimal sampai di penerima, gangguan ini terjadi karena *multipath fading* dimana adanya objek seperti penghalang antara *hop link* pengirim dan penerima (Kurniawan, 2017).

Untuk mempertahankan *line of sight* diperlukan penempatan sebuah *repeater* pada titik tertentu. Jaringan transmisi *microwave* dengan jarak lintasan yang pendek juga akan membutuhkan *repeater* jika jaringan transmisi *microwave* tersebut terhalang oleh *obstacle*. Pada sistem digital kinerja jauh lebih baik diperoleh dengan demodulasi sinyal pada setiap stasiun *repeater* dan mengembalikan pancaran sinyal.

Keunggulan yang dimiliki sistem digital pada *repeater* berasal dari kemampuan untuk menghasilkan sinyal yang bebas dari *noise* pada setiap *repeater*. Semua perhitungan yang berkaitan antara sinyal to *noise* ratio dan *error rate* telah di asumsikan bahwa sinyal asli adalah yang bebas *noise*. Dalam sistem analog, *noise* akan terakumulasi sebagai sinyal yang berlangsung dari hop ke hop (Beals, 2010).

Jaringan telekomunikasi microwave mengalami interferensi yang menghambat pengiriman data sampai ke penerima dan berkurangnya kualitas sinyal. Interferensi ini menyebabkan sinyal yang diterima oleh penerima sangat lemah dan mengakibatkan performansi tidak sesuai dengan standar yang ditentukan.

Gangguan yang terjadi dapat diatasi dengan menggunakan *passive repeater* untuk memantulkan sinyal radio *microwave* dengan mengubah arah pancaran radio. *Passive repeater* ini memiliki dua tipe yaitu *back to back* antena dan *plane reflektor*. Penelitian ini menggunakan *passive repeater back to back* antena dengan dua antena yang terhubung oleh kabel secara *back to back* dan bekerja lebih baik untuk mengirimkan sinyal informasi karena memberikan pengautan gain yang lebih baik dibandingkan dengan *plane reflektor* (Kurniawan, 2017).

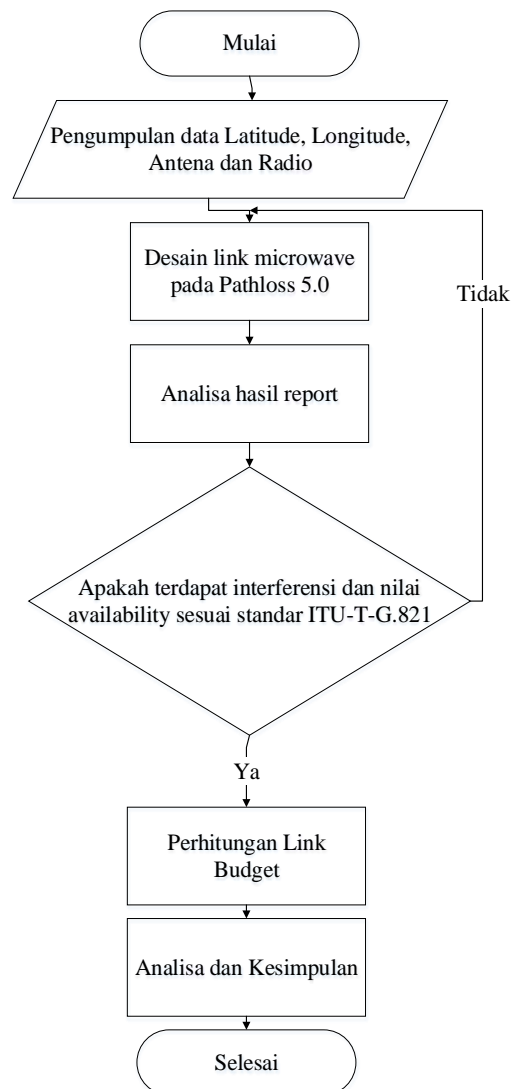
Berdasarkan penelitian (Hikmaturokhman et al., 2014), dalam transmisi gelombang mikro terdapat pengaruh interferensi dan redaman sehingga menyebabkan banyak propagasi tidak bebas pandang (*Non Line Of Sight*). Optimasi yang dilakukan yaitu pergantian perangkat *outdoor* unit atau mengganti polarisasi antena. Penelitian (Wahyudin & Hikmaturokhman, 2017) membandingkan *passive repeater back to back* dan *plane reflektor* hasil RSL dari perancangan yang menggunakan *repeater back to back* yaitu sebesar -82,88 dBm dan nilai *Availability* sebesar 99.86687% . saat menggunakan *plane reflektor* nilai RSL yang dihasilkan sebesar -77,07 dBm dan nilai *Availability* sebesar 99.94187%, dari hasil perbandingan tersebut unjuk kerja penggunaan *plane reflektor* menghasilkan nilai *Availability* yang lebih besar dari pada penggunaan *repeater back to back*. Sehingga penggunaan *plane reflektor* pada sistem jaringan transmisi *microwave* menghasilkan kualitas layanan yang lebih baik daripada penggunaan *repeater back to back*, hasil kualitas layanan tersebut bergantung pada wilayah yang digunakan.

Penelitian (Hikmaturokhman, Wahyudin, Yuchintya, & Nugraha, 2017) jaringan *microwave* yang NLOS disebabkan adanya suatu penghalang yang akan mengakibatkan kegagalan suatu sistem sehingga suatu sinyal yang akan dikirimkan tidak dapat diterima dengan baik oleh BTS penerima. Dengan kondisi seperti itu maka diperlukan suatu *passive repeater* untuk mengulang atau melewati sinyal radio dengan mengubah arah pancar sinyal radio tersebut. Penelitian (Kurniawan, 2017) melakukan perbandingan antara perancangan sebelum menggunakan *passive repeater* dengan frekuensi kerja yang digunakan 23 Ghz nilai *availability* yang dihasilkan pada Pathloss 5.0 sebesar 49.94957% dan pada perancangan menggunakan *double passive repeater* nilai *Availability* yang dihasilkan sebesar 99.95429% dari kedua perbandingan tersebut dapat disimpulkan bahwa implementasi *double passive repeater* berperan penting untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam perancangan jaringan *microwave*.

Penelitian ini akan melakukan perancangan jaringan microwave pada link Cibadak-Cipetir dengan jarak 11,42 km , frekuensi kerja 37 GHz, kemudian melakukan simulasi dengan menggunakan *passive repeater back to back* antenna menggunakan *software* Pathloss 5.0. Parameter yang akan dianalisa pada penelitian ini adalah *availability*. Nilai *availability* yang diperoleh dari hasil simulasi pada Pathloss 5.0 harus memenuhi nilai 99,95% berdasarkan standar ITU-T-G.821 (Network, 2002). Penelitian ini bertujuan agar perancangan jaringan transmisi radio gelombang mikro mendapatkan hasil yang lebih akurat dan mendapatkan nilai *availability* yang optimal serta mengurangi pengaruh interterferensi.

II. METODE PENELITIAN

Analisis dalam penelitian ini berdasarkan studi kasus di sebuah perusahaan swasta Indonesia yang bergerak di bidang Telekomunikasi. Diagram penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Pertama adalah pengumpulan data, dimana data tersebut diperoleh berdasarkan data realistik seperti garis lintang, garis

bujur, jenis radio akses, antenna dan data radio lainnya sebagai parameter masukan dalam mendesain di software Pathloss. Berdasarkan data awal, site Cibadak dan site Cipetir bukanlah *Line of Sight* (LOS) karena adanya pembatas perbukitan. Untuk mendukung agar site tersebut dapat saling berkomunikasi, maka digunakan *back to back passive repeater* yang ditempatkan ditempat tertinggi antara kedua site tersebut. *Passive repeater* yang dianalisis dengan kinerja tautan dari implementasi sebelumnya untuk desain selanjutnya. Selanjutnya, untuk meniru kondisi jaringan yang sebenarnya ada tambahan interferensi. Hasil simulasi kemudian dibandingkan dengan ketentuan standart ITU-T-G.821 dilihat dari parameter *availability*.

A. Parameter Penelitian

Gain antenna digunakan untuk mengukur kemampuan antenna dalam mengirimkan gelombang yang diinginkan. Besarnya penguatan antenna dapat ditentukan dengan Persamaan (1) (Winch, 2012) (Mishra, 2006).

$$G = 20 \log f + 20 \log d + 10 \log \eta + 20.4 \quad (1)$$

dimana

G = Gain Antena (dB)

f = Frekuensi (GHz)

d = Diameter antena (m)

η = Efisiensi Antena (%)

Free space loss (FSL) adalah attenuasi yang ada bersama dengan ruang antara antenna pemancar dan penerima. Besarnya kecilnya FSL dapat dihitung dengan Persamaan (2) (Winch, 2012) (Mishra, 2006)

$$FSL = 92.45 + 20 \log D + 20 \log f \quad (2)$$

dimana

D = Jarak (km)

f = Frekuensi (GHz)

Emitted Isotropic Radiated Power (EIRP) adalah daya maksimum sinyal gelombang mikro yang dipancarkan dari antenna pemancar untuk menunjukan nilai efektif daya yang dipancarkan oleh antenna pemancar atau dikatakan daya yang diperkuat. EIRP dihitung dengan menjumlahkan daya keluaran antenna pemancar dengan gain antenna kemudian dikurangi loss, dapat dihitung dengan Persamaan (3) (Lehpamer, 2010).

$$EIRP = P_{TX} + G_{Antena} - L_{TX} \quad (3)$$

Isotropic Received Level (IRL) adalah tingkat daya isotropic yang diterima oleh stasiun penerima. Untuk mendapatkan nilai daya pada antenna penerima harus diperoleh nilai IRL lebih dahulu seperti pada Persamaan (4) (Freeman, 2006).

$$IRL = EIRP - FSL \quad (4)$$

dimana

IRL = *Isotropic Received Level* (dBm)

$EIRP$ = *Effective Isotropic Radiated Power* (dBm)
 FSL = *Free Space Loss* (dB)

Received Signal Level (RSL) adalah tingkat daya yang diterima oleh perangkat pemroses. Nilai RSL dipengaruhi oleh rugi-rugi saluran pada sisi antenna penerima dan penguatan antenna penerima. Nilai RSL dihitung pada Persamaan (5) (Kizer, 2013).

$$RSL = IRL + G_{RX} - L_{RX} \quad (5)$$

dimana

RSL = *Received Signal Level* (dBm)

IRL = *Isotropic Received Level* (dBm)

G_{RX} = *Gain Antena* (dBi)

Hoploss adalah perbedaan antara kelebihan dan kekurangan pada gelombang mikro. Jika gain adalah penguatan di kedua sisi, sedangkan *loss* adalah jumlah redaman ruang bebas dan atmosfer (uap air dan oksigen). Jumlah *hoploss* dinyatakan dalam Persamaan (6) (Kizer, 2013).

$$L_h = FSL + L_{TX} + L_{RX} + L_{Atm} - (G_{TX} + G_{RX}) \quad (6)$$

L_h = *Hoploss* (dB)

FSL = *Free Space Loss* (dB)

L_{TX} = *Transmit Loss* (dB)

L_{RX} = *Receive Loss* (dB)

L_{Atm} = *Atmosphere Loss* (dB)

G_{TX} = *Gain Antena Penerima* (dBi)

G_{RX} = *Gain Antena Pengirim* (dBi)

Fading Margin (FM) adalah perbedaan antara *acceptability* dan minimum *acceptability*. Minimum *acceptability* disebut juga level *threshold* atau ambang batas daya yang diterima. *Fading margin* dapat dihitung menggunakan Persamaan (7) (Freeman, 2006).

$$FM = 30 \log D + 10 \log(a \times b \times 2.5 \times f) - 10 \log UnAV_{path} \quad (7)$$

Availability adalah ukuran kehandalan system. Secara ideal, sebuah system yang baik harus memiliki nilai 100%, tetapi hal tersebut tentu saja tidak seperti itu. Didalam suatu system pasti ada nilai ketidaktersediaan, misalnya karena *fading*, interferensi, dan lain sebagainya. Adapun nilai *availability* dan unavailability dapat dilihat pada Persamaan (8) dan (9) (Hikmaturokhan & Wahyudin, 2018).

$$AV_{path} = (1 - UnAV_{path}) \times 100\% \quad (8)$$

$$UnAV_{path} = a \times b \times 2.5 \times f \times D^3 \times 10^{-6} \times 10^{-\frac{FM}{10}} \quad (9)$$

dimana

FM = *Fading Margin* (dB)

D = *Jarak* (km)

F = *Frekuensi* (GHz)

$UnAV_{path}$ = *Ketidakhandalan Sistem*

AV_{path} = *Kehandalan Sistem*

Faktor kekasaran bumi dinotasikan dalam a dan b adalah faktor iklim, keduanya diambil dari nilai yang berbeda untuk

kondisi geografis dan iklim yang berbeda, adapun nilai a dan b adalah:

- a = 4 untuk daerah halus, laut, danau, dan gurun
- a = 1 untuk area dengan kekasaran rata-rata
- a = ¼ untuk pegunungan dan dataran tinggi
- b = ½ untuk area panas dan lembab
- b = ¼ untuk area normal
- b = 1/8 untuk daerah pegunungan (sangat kering)

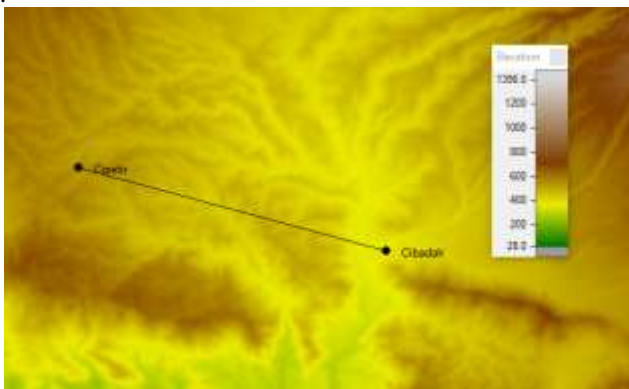
Untuk antenna *repeater pasif back to back*, besarnya gain antenna dapat dihitung menggunakan Persamaan (10)(Hikmaturokhman & Wahyudin, 2018).

$$G = G_{A1} + G_{AC} + G_{A2} \quad (10)$$

Dimana,
 G_{A1} = Gain dari antenna repeater (dB)
 G_{AC} = Antena coupling loss (dB)
 G_{A2} = Gain dari antenna repeater yang lain (dB)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Site yang digunakan pada penelitian ini adalah Cibadak dengan *latitude* 06 53 40.00 S, *longitude* 106 47 06.38 E dan ketinggian 388.2m, dan site selanjutnya adalah Cipetir dengan *latitude* 06 52 02.38 S, *longitude* 106 41 07.58 E dan ketinggian 664.4 m. Kedua site ini kemudian disimulasikan pada Pathloss 5.0.



Gambar 2. Link site Cipetir dan Cibadak



Gambar 3. Simulasi site Cipetir dan Cibadak

TABEL I. Nilai *Availability* pada Cipetir dan Cibadak

Parameter	Tanpa Repeater (%)
<i>Annual Rain Availability</i>	99.20541
<i>Annual Rain + Multipath Availability</i>	98.57875

Hasil dari simulasi yang dilakukan antara site Cibadak dan Cipetir ini menghasilkan *Annual Rain Availability* sebesar 99.20541% dan *Annual Rain + Multipath Availability* sebesar

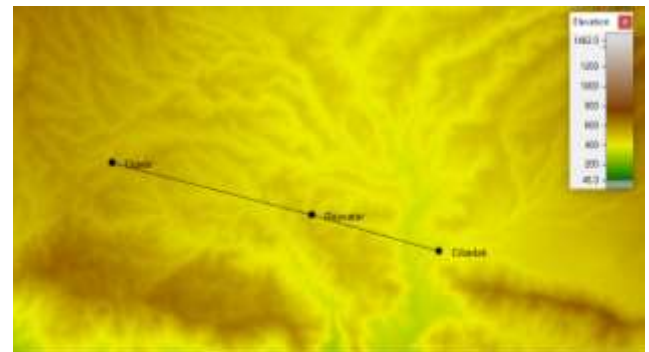
98.57875 %. Nilai *Annual Rain + Multipath Unavailability* dari kedua site ini adalah 1.42125 %, jika dihitung dalam jangka waktu satu tahun kedua site ini mengalami kegagalan sistem selama 7470.09 menit atau 124.5015 jam atau 5.1875625 hari.

Berdasarkan ITU-T G.821, simulasi kedua site ini tidak termasuk dalam kategori baik karena *availability* dari link ini memiliki nilai kurang dari 99.995%. Daerah yang ada diantara site Cibadak dan Cipetir ini memang berbukit sehingga cukup menimbulkan banyak *multipath* yang dapat mengurangi nilai *availability*. Untuk dapat meningkatkan nilai *availability* diantara kedua site ini dibangun sebuah *repeater back-to-back antenna*.

TABEL II. Lokasi site Cibadak, Cipetir dan Repeater

Nama Site	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	<i>Evaluation (m)</i>
Cibadak	06 53 40.00 S	106 47 06.38 E	388.2
Cipetir	06 52 02.38 S	106 41 07.58 E	664.4
Repeater	06 53 00.00 S	106 44 47.00 E	497.0

Repeater back-to-back antenna ini berada pada dengan *latitude* 06 53 00.00 S, *longitude* 106 44 47.00 E dan ketinggian 497.0 m. Site Cibadan dan Cipetir kemudian disimulasikan dengan menggunakan repeater sesuai dengan lokasi di TABEL II.



Gambar 4. Link site Cipetir dan Cibadak



Gambar 5. Simulasi site Cipetir dan Cibadak dengan Repeater

Setelah *repeater* ditambahkan pada simulasi ini, interferensi yang disebabkan karena perancangan *Repeater back-to-back antenna*. Adanya *Repeater back-to-back antenna*, menggunakan frekuensi yang sama pada dua antenna di site yang sama. Dalam Pathloss 5.0 laporan mengenai interferensi dapat ditunjukkan sesuai Gambar 6.

Coordination distance (km) 200.00
 Maximum frequency separation (MHz) 150.00
 Default minimum interference level (dBm) -115.00
 Margin (dB) 10.00
 Threshold degradation objective (db) 1.00
 Total number of cases calculated 2
 Calculation made on Rabu, November 25 2020 01:33:10 AM

Case 1 Cibadak from Repeater - 38319.75V - threshold degradation
 1-1 Cipetir to Repeater - 38319.75V - OHLOSS case
 V-I distance 11.42 km
 interfering level -73.73 dBm
 threshold degradation
 1-2 Repeater to Cipetir - 38319.75V - correlated case
 V-I distance 4.45 km
 interfering level 84.09 dBm
 threshold degradation

Case 2 Cipetir from Repeater - 38319.75V - threshold degradation
 2-1 Repeater to Cibadak - 38319.75V - correlated case
 V-I distance 6.97 km
 interfering level 80.18 dBm
 threshold degradation
 2-2 Cibadak to Repeater - 38319.75V - OHLOSS case
 V-I distance 11.42 km
 interfering level -73.73 dBm
 threshold degradation

Gambar 6. Laporan Interferensi pada Pathloss 5.0

Pada *Repeater back-to-back antenna*, penggunaan frekuensi yang sama pada dua antenna yaitu 37059.75 MHz mengakibatkan adanya interferensi pada site ini.

Sub-band yang digunakan pada *repeater* dari Cibadak menggunakan *sub-band* 1h (38319.75 MHz). Sub-band yang digunakan pada *repeater* dari Cipetir menggunakan *sub-band* 1h (38319.75 MHz). Sesuai dengan penggunaan frekuensi yang sama ini menyebabkan adanya interferensi sesuai dengan laporan interferensi pada Gambar 6.

Selanjutnya dilakukan perubahan sub-band pada salah satu site yaitu pada *repeater* dari Cibadak yang sebelumnya *sub-band* 1h (38319.75 MHz) menjadi 1l (37059.75 MHz). Sedangkan untuk site pada *repeater* dari Cipetir tidak dilakukan perubahan sehingga ada perbedaan frekuensi pada *Repeater back-to-back antenna*.



Gambar 7. Site Cibadak – Repeater – Cipetir tanpa menggunakan interferensi

Setelah dilakukan perubahan *sub-band*, kasus interferensi pada *Repeater back-to-back antenna* dapat dihilangkan. Sesuai dengan Gambar 7, pada simulasi Pathloss 5.0 ini terlihat bahwa “no interference cases recorded”, gambar tersebut menunjukkan interferensi sudah tidak mempengaruhi jaringan transmisi.

Setelah pengaruh interferensi ini dapat dihilangkan *availability* dari sistem sesuai dengan TABEL III.

TABEL III. Nilai *Availability* pada Cipetir dan Cibadak dengan Repeater

Parameter	Tanpa Repeater	Dengan repeater
<i>Annual Rain Availability</i>	99.20541	99.62518
<i>Annual Rain + Multipath Availability</i>	98.57875	99.55955

Pada simulasi antara site Cibadak dan Cipetir nilai *Annual Rain Availability* meningkat menjadi 99.62518 % dan *Annual Rain + Multipath Availability* sebesar 99.55955 %. Nilai *Annual Rain + Multipath Unavailability* dari kedua site ini dengan repeater adalah 0.44045 %, jika dihitung dalam jangka waktu satu tahun kedua site ini jika sudah menggunakan repeater mengalami kegagalan sistem selama 2315.005 menit atau 38.58342 jam atau 1.6076425 hari.

Sebelum ditambah *repeater* nilai *Annual Rain + Multipath Availability link* Cibadak dan Cipetir ini adalah 98.57875 %. Setelah ditambah *repeater* nilai *Annual Rain + Multipath Availability link* Cibadak dan Cipetir ini adalah 99.55955 %. Nilai *Annual Rain + Multipath Unavailability* dari kedua site ini sebelum ditambah *repeater* adalah 1.42125 %. Nilai *Annual Rain + Multipath Unavailability* dari kedua site ini setelah ditambah *repeater* adalah 0.44045 %. Setelah ditambahkan *repeater*, *unavailability* berkurang nilainya hingga 0.9808%.

Nilai *Annual Rain + Multipath Availability* sebesar 99.55955 pada *link* Cibadak dan Cipetir ini belum memenuhi standar yang ditetapkan ITU-T G.821. Dalam ITU-T G.821 syarat yang harus dicapai untuk memenuhi standar adalah 99.995%. Nilai *availability* memang belum memenuhi syaran yang ditetapkan ITU-T G.821 namun setelah ditambahkan *repeater* telah mengalami peningkatan *availability*.

IV. PENUTUP

Penelitian ini melakukan perancangan dan simulasi jaringan microwave antara site Cibadak-Cipetir menggunakan *passive repeater back-to-back* dengan jarak 11.42 Km. Efek interferensi terjadi pada jaringan transmisi gelombang mikro karena penggunaan frekuensi/ Channel ID yang sama pada kedua kasus. Dengan melakukan perubahan sub-band pada salah satu site yaitu pada *repeater* dari Cibadak yang sebelumnya *sub-band* 1h (38319.75 MHz) menjadi 1l (37059.75 MHz) interferensi dapat diatasi dengan perubahan frekuensi sub-band hingga ketika simulasi muncul notifikasi “no interference cases recorded”. Pada simulasi *repeater back-to-back* pada Pathloss 5.0 menghasilkan nilai gain sebesar 34.5 dBi dengan nilai *availability* sebesar 99.55955 %. Hasil simulasi sebelum menggunakan *repeater* diperoleh nilai *availability* 98.57875%. Penggunaan *repeater* dapat meningkatkan nilai *availability* sebesar 0.9808%.

REFERENSI

- Attamimi, S., & Rachman, R. (2014). Perancangan Jaringan Transmisi Gelombang Mikro Pada Link Site Mranggen 2 Dengan Site Pucang Gading. *Jurnal Teknologi Elektro*, 5(2). <https://doi.org/10.22441/jte.v5i2.764>
- Beals, K. (2010). *Passive Repeaters for Rural ITS*

- Communications Systems. *Western States Rural Transportation Technology Implementers Forum June 15th-17th, Yreka, California*. California: Montana State University.
- Freeman, R. L. (2006). *Radio System Design for Telecommunications*. New York: John Wiley & Sons.
- Hikmaturokhman, A., & Wahyudin, A. (2018). *Perancangan Jaringan Gelombang Mikro Menggunakan Pathloss 5*. Yogyakarta: Penerbit Pustaka Ilmu.
- Hikmaturokhman, A., Wahyudin, A., Yuchintya, A. S., & Nugraha, T. A. (2017). Comparison analysis of passive repeater links prediction using methods: Barnett Vigants & ITU models. *Proceedings of 2017 4th International Conference on New Media Studies, CONMEDIA 2017, 2018-Janua*, 142–147.
<https://doi.org/10.1109/CONMEDIA.2017.8266046>
- Hikmaturokhman, A., Wahyudi, E., & Sulaiman, H. (2014). Analisa Pengaruh Interferensi Terhadap Availability pada Jaringan Transmisi Microwave. *Ecotipe, 1(2)*, 11–12.
- Kizer, G. (2013). *Digital Microwave Communication: Engineering Point-to-Point Microwave Systems*. Canada: John Wiley & Sons.
- Kurniawan, M. R. (2017). ANALISIS IMPLEMENTASI DOUBLE PASSIVE REPEATER TERHADAP NILAI AVAILABILITY LINK TRANSMISI WILAYAH BOGOR MENGGUNAKAN PATHLOSS 5.0. *Educational Psychology Journal, 2(2)*, 65–72.
- Lehpamer, H. (2010). Microwave Transmission Networks. In *Journal of Chemical Information and Modeling (Vol. 53)*. New York: McGraw-Hill.
- Mishra, A. R. (2006). Advanced Cellular Network Planning and Optimisation: 2G/2.5G/3G...Evolution to 4G. *Advanced Cellular Network Planning and Optimisation: 2G/2.5G/3G...Evolution to 4G*, 1–521.
<https://doi.org/10.1002/9780470057629>
- Network, S. D. (2002). *ITU-T-G.821 (12/2002)*.
- Wahyudin, A., & Hikmaturokhman, A. (2017). *Analisis Perbandingan Passive Repeater Back-To-Back Antenna Dan Passive Repeater Plane Reflector Menggunakan Pathloss 5 . 0 Analisis Perbandingan Passive Repeater Back-To-Back Antenna Dan Passive Repeater Plane Reflector Passive Repeater Antenna and Plane*. (October), 0–8.
- Winch, R. G. (2012). Telecommunication Transmission Sytem. In *McGraw-Hill (Vol. 66)*. New York.