

Perancangan Jaringan Transmisi *Microwave* Dengan *Double Passive Repeater* Menggunakan *Pathloss 5.0*

¹Mela Januar Abriyanti, ²Eka Wahyudi, ³Muntaqo Alfin Amanaf

^{1,2,3}Program Studi D3 Teknik Telekomunikasi, Institut Teknologi Telkom Purwokerto
¹melajanuaraa@gmail.com, ²ekawahyudi@ittelkom-pwt.ac.id, ³muntaqo@ittelkom-pwt.ac.id

Abstrak

Di Indonesia sudah ada beberapa teknologi telekomunikasi yang digunakan, salah satunya adalah teknologi seluler. Teknologi seluler lebih banyak dipilih karena lebih efisien dan mudah dibawa kemana saja. Media propagasi yang digunakan dalam teknologi seluler yaitu gelombang mikro. Komunikasi gelombang mikro ini rentan terhadap perubahan cuaca dan harus dalam kondisi bebas penghalang atau Line of Sight (LOS). Mengingat di Indonesia merupakan negara yang banyak terdapat gunung maupun bukit, sehingga menyebabkan komunikasi tidak LOS. Oleh karena itu diperlukan penambahan repeater untuk mencapai nilai availability yang sesuai standar. Pada tugas akhir ini penulis melakukan perancangan jaringan gelombang mikro pada daerah Purbalingga-Pemalang, dimana jaringan tersebut dalam kondisi tidak LOS sehingga perlu adanya penambahan repeater. Dengan menggunakan double repeater back to back dan double plane reflector. Dari hasil simulasi menggunakan software Pathloss 5.0, pada perancangan menggunakan Double Back to Back diperoleh nilai availability sebesar 99.99086 % dengan nilai outage time 2883.20 detik per tahun. Sedangkan perancangan menggunakan Double Plane Reflector memperoleh availability sebesar 99.99987 % dengan nilai outage time sebesar 42.10 detik per tahun. Dari hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa perancangan menggunakan Double Plane Reflector mempunyai nilai kehandalan sistem (availability) yang lebih baik dibandingkan dengan perancangan menggunakan Double Back to Back Repeater.

Kata kunci : *Availability, Double Back to Back, Double Plane Reflector, Line of Sight, Microwave.*

Abstract

In Indonesia there are already several telecommunication technologies used, one of which is cellular technology. Cellular technology is preferred because it is more efficient and easy to carry anywhere. The propagation medium used in cellular technology is microwaves. Microwave communications are susceptible to weather changes and must be in a Line of Sight (LOS) condition. Given that Indonesia is a country that has a lot of mountains and hills, so that communication is not LOS. Therefore, it is necessary to add repeaters to achieve standard availability. In this final project, the authors conducted a microwave network design in the Purbalingga-Pemalang area, where the network is not LOS so it is necessary to add repeaters. By using a double repeater back to back and double plane reflector. From the simulation results using Pathloss 5.0 software, in the design using Double Back to Back, the availability value is 99.99086% with an outage time value of 2883.20 seconds per year. While the design using Double Plane Reflector obtained availability of 99.99987% with an outage time value of 42.10 seconds per year. From the simulation results, it can be concluded that the design using the Double Plane Reflector has a better availability value than the design using the Double Back to Back Repeater.

Keywords : *Availability, Double Back to Back, Double Plane Reflector, Line of Sight, Microwave..*

I. PENDAHULUAN

Jumlah pengguna internet di Indonesia setiap tahunnya terus mengalami peningkatan. Berdasarkan survei yang telah dilakukan oleh Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII) pada tahun 2019 tercatat sejumlah 171,17 juta orang yang sudah mengakses internet. Pertumbuhan internet ini tentunya tidak hanya terjadi di daerah kota-kota besar melainkan sudah masuk ke daerah kota-kota kecil hingga pedesaan.

Di Indonesia sendiri sudah diterapkan beberapa teknologi telekomunikasi, seperti komunikasi seluler, komunikasi satelit dan juga komunikasi menggunakan *fiber optic*. Teknologi komunikasi seluler dan satelit menggunakan media udara sebagai media pertukaran data, sedangkan *fiber optic* menggunakan kabel serat optik sebagai media berkomunikasi. Namun sekarang ini yang paling banyak digunakan oleh pengguna ialah teknologi seluler karena kemudahannya dalam

penggunaan dan perangkat seluler yang efisien untuk dibawa kemana-mana. Pada teknologi seluler media yang digunakan ialah udara berupa gelombang mikro (*microwave*)[1]. Frekuensi yang digunakan dalam transmisi gelombang mikro adalah antara 2 GHz-58 GHz [2].

Mengingat daerah Indonesia merupakan negara yang banyak memiliki daerah pegunungan atau perbukitan, maka menyebabkan sinyal yang dikirimkan tidak *Line of Sight* (LOS) [3]. Oleh karena itu perlu adanya penambahan *passive repeater* yang berfungsi untuk mengulangi sinyal radio dengan mengubah arah pancaran tanpa peralatan elektronik agar sinyal yang dikirim dapat diterima secara optimal [1][4]. Ada 2 jenis *passive repeater*, yaitu *back to back antenna* dan *plane reflector*. Tentunya keduanya memiliki cara kerja yang berbeda.

Seperti pada penelitian [1] perancangan komunikasi gelombang mikro dilakukan dengan menggunakan frekuensi 13 GHz dengan jarak lintasan ± 40 km. Pada penelitian tersebut perancangan menggunakan *repeater back to back* dan *plane reflector*. Perancangan yang menggunakan *repeater back to back* memperoleh nilai *availability* sebesar 99.86687%. Sedangkan yang menggunakan *plane reflector* sebesar 99,94187% [1].

Sedangkan pada penelitian [5] perancangan jaringan transmisi tersebut menggunakan frekuensi 13 Ghz dengan jarak lintasan 36,70 km. Pada perancangan tersebut menggunakan *passive repeater back to back* dan *double flat reflector*. Pada hasil perancangan *back to back* diperoleh nilai *availability* sebesar 99,95866% dan untuk hasil perancangan *double flat reflector* diperoleh 99,82100%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan *double flat reflector* menghasilkan nilai yang lebih baik [5].

Kemudian pada penelitian [6], penulis melakukan perancangan jaringan menggunakan *passive repeater plane reflector* dan *back to back*. Dimana metode yang digunakan dalam penelitian tersebut yaitu *Barnett Vigants* dan *ITU Models*. Dari hasil perancangan tersebut *availability* dengan metode *Vigants Barnett* pada *plane reflector* sebesar 99.999995% dan pada *back to back* sebesar 99.99701%. Sedangkan nilai *Availability* dengan menggunakan metode *ITU Models* pada *plane reflector* sebesar 100% dan pada *passive repeater back to back* yaitu sebesar 99.99709%. Dari hasil perbandingan unjuk kerja, penggunaan *plane reflector* dengan menggunakan *ITU Model* mendapatkan nilai *availability* yang lebih besar. Sehingga penggunaan *plane reflector*

dengan menggunakan metode *ITU Models* menghasilkan kualitas layanan yang lebih baik pada sistem jaringan transmisi *microwave* [6].

Atas dasar penelitian tersebut penulis akan melakukan perancangan jaringan dengan menggunakan *double repeater* untuk mengatasi kondisi yang NLOS tersebut, dimana akan ada 2 jenis *repeater* yang digunakan, yaitu *double repeater back to back* yang menggunakan dua antenna dengan ketinggian tertentu pada suatu menara dan bersifat meneruskan sinyal. Dan yang kedua menggunakan *double plane reflector*. *Reflector* ini akan diletakkan antara kedua *link* dan bersifat memantulkan sinyal. Penulis merancang *link* transmisi *microwave* pada studi kasus hasil *survey link* yang *Non-Line Of Sight* (N-LOS) karena terdapat *obstacle* berupa bukit. Penulis juga akan menganalisis *link budget* untuk mengetahui apakah *microwave* bekerja secara optimal dengan menggunakan *software Pathloss 5.0*.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan *repeater* pada perancangan jaringan dan mana penggunaan *repeater* yang memberikan performa lebih baik antara *double back to back* dan *double plane reflector* serta pengaruhnya terhadap peningkatan nilai *availability* pada perancangan jaringan tersebut.

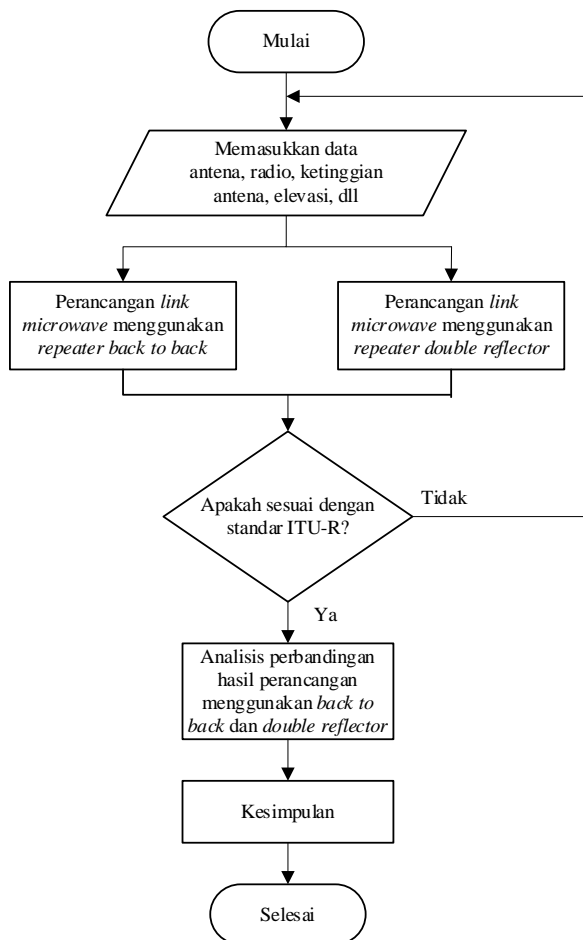
II. METODE PENELITIAN

2.1. Alur Penelitian

Studi kasus merupakan metode penelitian yang digunakan oleh penulis dalam penyusunan penelitian ini. Studi kasus ini dilakukan di PT. Alita Mitra Praya. Untuk melengkapi materi penelitian dibutuhkan data yang sesuai dengan objek penelitian. Data yang diperlukan penulis berupa data *longitude* dan *latitude* dari *site* untuk perancangan jaringan transmisi *microwave* pada *Pathloss 5.0*.

Pada metode penelitian ini dilakukan perancangan jaringan dengan menggunakan *software Pathloss 5.0*. Dengan memasukkan data *site* berupa *longitude*, *latitude* dan elevasi dari *site* tersebut. Kemudian melakukan konfigurasi perangkat sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya.

Dalam perancangan ini terdapat alur penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Perancangan Link Microwave

Perancangan ini dilakukan pada *Site* Purbalingga menuju *Site* Pemalang dengan jarak 54,24 km sehingga frekuensi yang digunakan sebesar 6 GHz, dimana kondisi *site* tersebut tidak *Line of Sight* karena terhalang oleh sebuah pegunungan dengan ketinggian ±950 meter. Pada perancangan nantinya akan digunakan *passive repeater*, yaitu *double back to back* dan *double plane reflector*. Nantinya hasil dari perancangan tersebut dianalisa dengan membandingkan parameter yaitu *Availability*, *Unavailability*, *Free Space Loss*, *EIRP*, *RSL*, *IRL* dan *gain*. Dari penggunaan kedua jenis *repeater* tersebut akan dibandingkan mana yang menghasilkan *availability* paling baik.

2.2. Lokasi Perancangan

Jalur yang akan dijadikan perancangan jaringan ini memiliki dua *site* utama yaitu Purbalingga dan Pemalang, serta ada 2 titik untuk penempatan *back to back repeater* dan *reflector*, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1. DATA SITE

Site	Latitude	Longitude
Purbalingga	7°22'40.69" S	109°22'22.19" T

Site	Latitude	Longitude
Pemalang	6°54'50.50" S	109°27'41.50" T
Back to back 1	7°13'45.82" S	109°24'08.05" T
Back to back 2	7°12'01.61" S	109°24'24.82" T
Reflector	7°13'54.45" S	109°17'57.82" T

Ada pula spesifikasi perangkat yang digunakan dalam perancangan, yaitu sebelum menggunakan *repeater* dan sudah menggunakan *repeater* yang dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL 2. SPESIFIKASI PERANGKAT

Perangkat	Jenis
Antenna	ANDREW HSX15-59
Transmission Line	EWP52
Radio Microwave	MDR-4106E-A

Akan ada dua jenis *passive repeater* yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu [7]:

1) Reflector System

Reflector system atau biasa disebut sebagai “papan pantul” memiliki keuntungan yaitu lebih mudah dibangun daripada membangun antena yang besar. *Reflector* ini tidak cocok ditempatkan sejajar dengan hoplink. *Reflector* ini digunakan sebagai *repeater passive*. Karena hanya berfungsi untuk mencerminkan atau memantulkan sinyal dari antena satu ke yang lain. *Reflector* ini dipengaruhi oleh ukuran, frekuensi kerja dan sudut antara jalan. Luas bidang *reflector* juga dipengaruhi oleh frekuensi kerja. Semakin besar frekuensi kerja maka semakin kecil pula bidang *reflector* yang digunakan. Dan sebaliknya, semakin kecil frekuensi kerja maka semakin luas pula bidang *reflector* yang digunakan [7].

2) Back to Back Antenna

Pada *link* yang pendek, dan ketika ada penghalang diantara *link*, maka dimungkinkan untuk meminimalisir biaya pembuatan *repeater* aktif maka sebaiknya gunakan *passive repeater*. *Passive repeater back to back antenna* ini berfungsi meneruskan sinyal dari *transmitter* yang terhalang oleh sebuah *obstacle* menuju ke *receiver* [7].

Adapun parameter yang diamati sebagai berikut :

1. Gain Antena.

Gain antenna digunakan untuk mengukur kemampuan antena untuk mengirimkan gelombang yang diinginkan ke arah tujuan. *Gain antenna* menjelaskan seberapa besar jumlah energi yang terpancar secara isotropis dapat diarahkan menjadi suatu *beam*. Besarnya nilai *gain* dapat dicari dengan menggunakan persamaan 1 [7][8].

$$G = 20 \log f + 20 \log d + 10 \log \eta + 20,4 \quad (1)$$

Keterangan :

G = Gain/penguatan antena (dB)
 η = Efisiensi antena (%)
 d = Diameter antena (m)
 f = Frekuensi kerja (GHz)

2. Free Space Loss

Free Space Loss merupakan redaman yang ada disepanjang ruang antara antena pemancar dan penerima. Besarnya nilai FSL dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2 [7][8].

$$FSL = 92,45 + 20 \log(f_{GHz}) + 20 \log(D_{km}) \quad (2)$$

Keterangan :

FSL = *Free Space Loss* (dB)

f = *Frekuensi* (GHz/Mhz)

D = Jarak antara pemancar dan penerima (km)

3. Effective Isotropic Radiated Power

Effective Isotropic Radiated Power merupakan nilai efektif daya yang dipancarkan oleh antena pemancar. Besarnya nilai EIRP dipengaruhi oleh daya pancar, *loss* dan *gain* pada antena pemancar. Nilai EIRP dapat dicari menggunakan persamaan 3 [7].

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

Keterangan :

P_{Tx} = *Daya pancar* (dBm)

G_{ant} = *Gain antena* (dBi)

L_{Tx} = *Transmitter loss* (dB)

4. Isotropic Received Level

Isotropic Received Level merupakan nilai *level* daya *isotropic* yang diterima oleh stasiun penerima. Besar nilai IRL dapat dicari dengan menggunakan persamaan 4 [7].

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

Keterangan :

IRL = *Isotropic Received Level* (dBm)

$EIRP$ = *Effective Isotropic Radiated Power* (dBm)

FSL = *Free Space Loss* (dB)

5. Received Signal Level

Received Signal Level (RSL) merupakan *level* daya yang diterima oleh piranti pengolah *decoding*. Nilai RSL ini dipengaruhi oleh rugi-rugi jalur di sisi antena penerima dan *gain* antena penerima. Untuk mencari nilai RSL dapat digunakan persamaan 5 [9].

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

Keterangan :

RSL = *Received Signal Level* (dBm)

IRL = *Isotropic Received Level* (dBm)

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

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

6. Fading Margin

Untuk mengatasi *fading* maka diperlukan cadangan daya yang digunakan agar dapat mempertahankan *level* daya terima di atas *level* ambang (*Rx threshold*). Cadangan daya tersebut disebut dengan *fading margin*. Untuk mencari besarnya *fading margin* dapat digunakan persamaan 6 [7][8].

$$FM = RSL - Rx_{Th} \quad (6)$$

Keterangan :

FM = *Fading Margin* (dB)

RSL = *Receive Signal Level* (dBm)

Rx_{Th} = *Rx Threshold Level* (dBm)

7. Availability dan Unavailability

Availability merupakan ukuran kehandalan sistem. Secara ideal semua sistem harus memiliki *availability* 100%. Namun keadaan tersebut tidak mungkin terpenuhi karena di dalam suatu sistem pasti terdapat kegagalan sistem dalam memberikan pelayanan. Kegagalan sistem dalam memberikan pelayanan disebut sebagai *unavailability*. Maka untuk mencari besarnya nilai *unavailability* dan *availability* dapat digunakan persamaan 7 dan persamaan 8 [7][8].

$$UnAv_{path} = a \times b \times 2,5 \times f \times D^3 \times 10^{-6} \times 10^{-FM}/10 \quad (7)$$

$$Av_{path} = (1 - UnAv_{path}) \times 100\% \quad (8)$$

Keterangan :

$UnAv_{path}$ = *unavailability* sistem

Av_{path} = *availability* sistem

a = Faktor kekerasan bumi

$a = 4$, untuk daerah halus, laut, danau dan gurun

$a = 1$, untuk daerah kekasaran rata-rata, dataran

$a = 1/4$, 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)

f = Frekuensi (GHz)

D = Jarak antara antena pengirim dan penerima

FM = *Fading Margin*

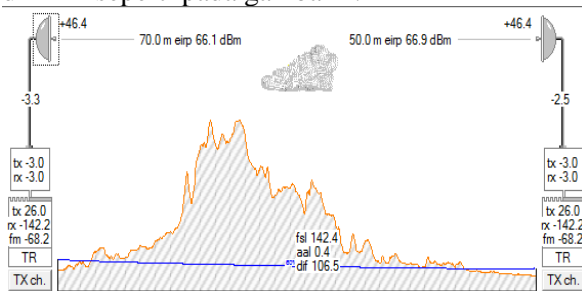
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perancangan, terdapat dua *site* utama yaitu *Site* Purbalingga dengan *latitude* 7°22'40.69"S dan *longitude* 109°22'22.19"T. Sedangkan pada *Site* Pemalang dengan *latitude* 6°54'50.50"S dan *longitude* 109°27'41.50"T. Berdasarkan daerah yang akan dilakukan perancangan, kondisinya *Non Line of Sight* (NLOS) sehingga dalam perancangan ini terdapat

3 skenario perancangan. Yang pertama perancangan sebelum menggunakan *repeater*, yang kedua perancangan menggunakan *double back to back* dan yang ketiga perancangan menggunakan *double plane reflector*.

3.1. Sebelum menggunakan Repeater

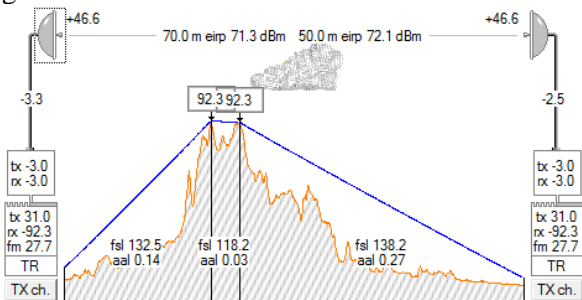
Skenario pertama yaitu melakukan perancangan jaringan tanpa menggunakan *repeater*, dimana dalam keadaan *Non Line of Sight* (NLOS) sehingga perlu adanya penambahan *repeater* untuk mengoptimalkan sinyal yang dikirim seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Sebelum menggunakan Repeater

3.2. Perancangan menggunakan Double Back to Back Repeater

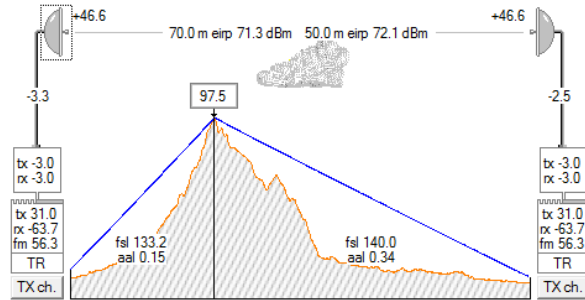
Perancangan menggunakan *double back to back* ini memerlukan dua *site* tambahan untuk penempatan *repeater*. Penempatan *repeater* ini diletakkan pada lokasi yang memiliki *obstacle* paling tinggi, sehingga kondisi perancangan dalam keadaan LOS. Seperti yang terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Perancangan menggunakan Double Back to Back Repeaters

3.3. Perancangan menggunakan Double Plane Reflector

Penempatan lokasi *repeater* antara *back to back* dan *refletor* ini berbeda, karena *reflector* kurang cocok apabila ditempatkan sejajar dengan *link* transmisi. Karena cara kerja dari *reflector* yaitu memantulkan sinyal, oleh karena itu penempatan *reflectors* diletakkan agar membentuk sudut sehingga *reflector* ini nantinya dapat memantulkan sinyal yang akan dikirim, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Perancangan menggunakan Double Plane Reflectors

3.4. Hasil Simulasi dan Perhitungan Link Budget

Berdasarkan hasil *report* simulasi dari software Pathloss 5.0. Nilai RSL yang diperoleh pada perancangan tanpa menggunakan *repeater* sebesar -136,80 dB, sedangkan perancangan *double back to back* diperoleh nilai -92,32 dB dan *double reflector* sebesar -63,69 dB. Yang menandakan terjadi kenaikan nilai setelah adanya penambahan *repeater*. Semakin besar nilai RSL maka semakin baik pula kualitas penerimaan sinyal.

Untuk parameter *Fading Margin*, pada perancangan tanpa *repeater* diperoleh nilai sebesar -16,80 dB, pada *double back to back* sebesar 27,68 dB dan pada *double reflector* diperoleh sebesar 56,31 dB. Yang artinya semakin besar nilai *fading margin* maka kualitas transmisi sinyal semakin baik. Dan yang terakhir pada parameter *Availability*. Pada Perancangan tanpa *repeater* nilai *availability* tidak muncul, hal tersebut dikarenakan adanya sebuah *obstacle* yang menyebabkan nilai *diffraction loss* yang besar sehingga nilai *unavailability* menjadi maksimal.

Sedangkan hasil simulasi perancangan menggunakan *double back to back* diperoleh *availability* sebesar 99,99086% dan untuk perancangan menggunakan *double plane reflector* sebesar 99,99987%. Artinya dari hasil simulasi, penggunaan *plane reflector* menghasilkan *availability* yang paling baik. Seperti yang dapat dilihat pada tabel 3.

TABEL 3. PERBANDINGAN PARAMETER BERDASARKAN SIMULASI PATHLOSS 5.0.

Parameter	Tanpa Repeater	Double Back to Back	Double Plane Reflector
Gain (dB)	46,60	92,31	97,47
FSL (dB)	142,39	388,97	273.15
EIRP (dBm)	71,35	71,35	71,35
RSL (dBm)	-136,80	-92,32	-63,69
FM (dB)	-16,80	27,68	56,31

Parameter	Tanpa Repeater	Double Back to Back	Double Plane Reflector
Availability(%)	0	99,99086	99,99987

Untuk hasil perhitungan *link budget*, antara hasil perhitungan dan simulasi ini memiliki selisih nilai yang sangat kecil. Dan untuk nilai masing-masing parameter mengalami kenaikan setelah adanya penambahan *repeaters*. Sama halnya dengan hasil simulasi, perancangan menggunakan *double plane reflector* memiliki nilai *availability* yang paling bagus dibandingkan dengan menggunakan *double back to back* dengan nilai sebesar 99,99999%. Untuk hasil perhitungan *link budget* dapat dilihat pada tabel 4.

TABEL 4. PERBANDINGAN PARAMETER BERDASARKAN PERHITUNGAN LINK BUDGET

Parameter	Tanpa Repeater	Double Back to Back	Double Plane Reflector
Gain (dB)	46,56	92,23	97,70
FSL (dB)	142,37	388,9	273,11
EIRP (dBm)	71,31	71,65	71,31
RSL (dBm)	-136,86	-92,48	-63,5
FM (dB)	-16,86	27,52	56,5
Availability(%)	0	99,98	99,99999

Dengan adanya penambahan *repeater* dapat meningkatkan kehandalan sistem dari perancangan jaringan yang tidak LOS. Dan perancangan menggunakan *double plane reflector* memiliki kehandalan sistem (*availability*) yang lebih baik dari pada *double back to back repeater*, walaupun keduanya sama sama memenuhi standar ITU-R.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan jaringan transmisi *microwave*, dengan adanya penambahan *double passive repeater (back to back dan reflector)* terbukti meningkatkan nilai *availability*, begitu juga parameter yang lain, seperti RSL dan *Fading Margin*. Untuk hasil simulasi perancangan menggunakan *double plane reflectors* menghasilkan nilai *availability* yang paling baik dibandingkan *double back to back repeater*. Dengan nilai *availability* sebesar 99.99987 % dan nilai *outage time* sebesar 42.10 detik per tahun. Sedangkan perancangan menggunakan *double back to back repeater* sebesar 99.99086 % dengan nilai *outage time* 2883.20 detik per tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. E. Dewanti, A. Wahyudin, and A. Hikmaturokhman, "Analisis Perbandingan Passive Repeater Back-To-Back Antenna Dan Passive Repeater Plane Reflector Menggunakan Pathloss 5.0 Comparative Analysis of Passive Repeater Back-To-Back Passive Repeater Antenna and Plane Reflector Using the," in *Senatek (Seminar Nasional Teknik) 2017 Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto*, 2017, no. October, pp. 1–8.
- [2] R. L. Freeman, *Telecommunication system engineering*, vol. 82. John Wiley & Sons, 2004.
- [3] Z. H. Pradana and A. Wahyudin, "Analisis Optimasi Space Diversity pada Link Microwave Menggunakan ITU Models," *J. Elektro dan Telekomun. Terap.*, vol. 4, no. 2, p. 586, 2018, doi: 10.25124/jett.v4i2.1148.
- [4] A. Hikmaturokhman, A. Wahyudin, A. S. Yuchintya, and T. A. Nugraha, "Comparison analysis of passive repeater links prediction using methods: Barnett Vigants & ITU models," in *2017 4th International Conference on New Media Studies (CONMEDIA)*, 2017, pp. 142–147.
- [5] O. I. Zuherry, "Perancangan Jaringan Transmisi Microwave Menggunakan Passive Repeater Back To Back Dan Double Flat Reflector Menggunakan Pathloss 5.0," *J. Telecommun. Electron. Control Eng.*, vol. 1, no. 01, pp. 53–62, 2019, doi: 10.20895/jtece.v1i01.42.
- [6] E. S. Kurniawan, E. E. Rinanda, M. Azhar, and A. Hikmaturokhman, "Analisis Perbandingan Passive Repeater Plane Reflector dan Back To Back Menggunakan Metode Barnett Vigants Dan ITU Models," in *Electrical Engineering, Telematics, Industrial technology, and Creative Media (CENTIVE)*, 2018, p. 10.
- [7] A. Hikmaturokhman and A. Wahyudin, *Perancangan Jaringan Gelombang Mikro Menggunakan Pathloss 5: Teori dan Simulasi*. Yogyakarta, 2018.
- [8] A. Hikmaturokhman, *Diktat Kuliah Gelombang Mikro*. Purwokerto: Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Purwokerto, 2007.
- [9] W. Alfiani, E. S. Nugraha, and Y. Rahmawati, "Perancangan Rekonfigurasi Link Transmisi Microwave Long Haul IV Nagari – Kamang Baru dengan Space," *J. Telecommun. Electron. Control Eng.*, vol. 8275, pp. 1–8, 2019.