

PERANCANGAN *LINK* RADIO *MICROWAVE* MENGGUNAKAN KONFIGURASI 4+0

THE DESIGN OF A MICROWAVE RADIO LINK USING A 4+0 CONFIGURATION

Zein Hanni Pradana¹, Wulandari², Solichah Larasati³

^{1,2,3}Fakultas Teknik Telekomunikasi & Elektro, Institut Teknologi Telkom Purwokerto

¹zeindana@ittelkom-pwt.ac.id, ²18101229@ittelkom-pwt.ac.id, ³laras@ittelkom-pwt.ac.id

Abstrak

Pengguna jaringan selular yang semakin hari semakin bertambah mengharuskan adanya perancangan *link radio microwave* yang lebih efisien. Hal ini bertujuan agar semua kebutuhan *user* dapat terpenuhi, tanpa harus memasang banyak perangkat antena dan spektrum frekuensi. Salah satu cara meningkatkan nilai *availability* pada antena *microwave* yaitu menggunakan konfigurasi 4+0. Konfigurasi ini menggunakan satu buah antena dengan satu frekuensi, akan tetapi terdapat empat *channel* frekuensi karena memiliki empat *Outdoor Unit* (ODU) dalam satu antena sehingga dapat meningkatkan nilai *availability* mencapai 99.99%, karena pada konfigurasi 1+0, nilai *availability* belum mencapai standar ITU-T G.821 *class 450 km for 10 km hop*, untuk itu perlu dilakukan perancangan dengan konfigurasi 4+0. Pada penelitian ini, akan dilakukan perancangan menggunakan *software* Pathloss 5 yaitu pada *site* Condret Gedong ke *site* Kp Rambutan menggunakan frekuensi 11 GHz dengan jarak 9.61 km. Berdasarkan hasil perancangan, didapatkan nilai *Receive Signal Level* (RSL) sebesar -50.11 dBm dan *Rx Threshold Level* sebesar -75 dBm. Sehingga dapat dinyatakan bagus karena nilai $RSL \geq R_{TH}$. Nilai *availability* dengan konfigurasi 1+0 didapatkan 99.98914%, nilai tersebut belum mencapai standar ITU-T G.821 *class 450 km for 10 km hop* karena memiliki standar 99.99%. Setelah menggunakan konfigurasi 4+0 didapatkan nilai *availability* sebesar 99.99006%, artinya nilai tersebut sudah mencapai standar.

Kata kunci: *Radio Microwave, Konfigurasi 4+0, Channel Frekuensi, ODU, Availability.*

Abstract

Cellular network users are increasingly growing necessitating more efficient microwave radio link design. It is intended that all user needs can be met, without having to install many antenna devices and frequency spectrum. One way to increase the availability value of a microwave antenna is to use a 4 + 0 configuration. This configuration uses one antenna with one frequency, but there are four frequency channels because it has four Outdoor Units (ODU) in one antenna so that it can increase the availability value to 99.99%, because in the 1 + 0 configuration, the availability value has not yet reached the ITU standard- T G.821 class 450 km for 10 km hop, it is necessary to design with a 4 + 0 configuration. In this research, design will be done using Pathloss 5 software, namely the Condret Gedong site to the Kp Rambutan site using 11 GHz frequency with a distance of 9.61 km. Based on the design results, the Receive Signal Level (RSL) value is -50.11 dBm and the Rx Threshold Level is -75 dBm. So it can be declared good because the RSL value $\geq R_{TH}$. The availability value with 1 + 0 configuration is 99.98914%, the value has not yet reached the ITU-T G.821 class 450 km for 10 km hop standard because it has a 99.99% standard. After using the 4 + 0 configuration, the availability value of 99.99006% is obtained, meaning that the value has reached the standard.

Keywords: *Microwave Radio, 4 + 0 Configuration, Frequency Channel, ODU, Availability.*

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan hasil survei Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII) dan *Polling* Indonesia jumlah pengguna internet di Indonesia pada tahun 2018 mengalami peningkatan 64,8% dengan total penduduk 264.16 juta jiwa [1]. Adanya peningkatan jumlah pengguna, mengharuskan adanya perancangan *link radio microwave* yang lebih efisien dan sesuai dengan kebutuhan di lapangan. Hal ini bertujuan agar semua kebutuhan *user* dapat terpenuhi oleh jaringan internet yang ada tanpa harus memasang banyak perangkat antena dan spektrum frekuensi. Salah satu meningkatkan kapasitas *user* pada antena *microwave* yaitu menggunakan konfigurasi ODU 4+0.

Konfigurasi ODU 4+0 merupakan konfigurasi yang secara desain sama dengan konfigurasi 1+1 *Hot Standby* (HSB), hanya saja terdapat empat *channel* frekuensi yang akan di *multiplexing*, konfigurasi 4+0 memiliki kapasitas sistem yang lebih besar, sehingga dapat meningkatkan nilai *availability* dengan kapasitas sistem mencapai 644 Mbps karena pada konfigurasi ODU 1+0, nilai *availability* belum mencapai standar ITU-T G.821 *class 450 km for 10 km hop* sehingga perlu dilakukan perancangan dengan konfigurasi ODU 4+0. Konfigurasi 4+0 dapat di implementasikan pada daerah yang padat penduduk, seperti perkotaan, tempat pariwisata, dan sebagainya.

Beragam penelitian terkait komunikasi *link radio microwave*, diantaranya Penelitian [2] dilakukan di kota Jakarta yaitu tentang Peningkatan Kapasitas *Link Radio* untuk Mengatasi (*Wide Area Network*) WAN *Congestion* dengan metode *Link Aggregation*. WAN *congestion* yang terjadi pada *link radio site* 1331 <> *site* 1126 PT. XL Axiata dapat ditangani dengan meningkatkan sistem radio dari 1+1 menjadi sistem radio 2+0 dengan menggabungkan 2 *port* fisik radio menjadi 1 *link logical* yang semula sebesar 116 Mbps menjadi 274 mbps. Peningkatan kapasitas *link radio* membuat performansi jaringan menjadi lebih baik, karena kebutuhan *bandwidth* pelanggan terpenuhi dengan adanya penambahan kapasitas yang efisien.

Penelitian [3] tentang Analisis Kapasitas Kanal terhadap Jumlah Antena pada Sistem MIMO (*Multiple Input Multiple Output*). Dengan menggunakan antena jamak, mengakibatkan kinerja menjadi lebih baik. Hal tersebut dapat dibandingkan dengan sistem *Singel Input Singel Output* (SISO). Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai rekomendasi untuk peningkatan efektivitas layanan dan keunggulan layanan komunikasi data dan seluler. Hasil penelitian maka didapatkan bahwa semakin banyak antenna maka kapasitas sistem akan semakin besar pula.

Penelitian [4] dilakukan di kota Bogor yaitu tentang Analisa Pengaruh Interferensi terhadap *Passive Repeater Link Microwave* Berdasarkan Standar ITU-T-G821. nilai *availability* yang dihasilkan sebesar 99,9740% nilai tersebut mencapai standar *hop availability* dengan standar 99,9600% tetapi nilai tersebut belum mencapai standar *path availability* dengan standar 99,9800% hanya saja nilai *availability* yang dihasilkan sudah memenuhi kondisi ideal karena nilainya di atas 99,9%, namun dari hasil perbandingan pada *link budget calculation* nilai *availability* setelah menggunakan *repeater back to back* yaitu sebesar 99,98663% yang menandakan bahwa nilai *availability* tersebut telah mencapai standar ITU-T-G.821.

Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan *link radio microwave* menggunakan konfigurasi ODU 4+0 di kota Jakarta yaitu Jl. Gudang Air 50 Rt. 04 Rw. 02, Ciracas, Jakarta Timur dan Jl. Mesjid, Iv No. 49 Rt. 08/01, Kel. Gedong, Pasar Rebo, Jakarta Timur. Hal ini perlu dilakukan karena adanya perkembangan jaringan 4G dan banyaknya jumlah penduduk yang terus bertambah sehingga membutuhkan kapasitas sistem yang besar dan *availability* yang tinggi. Perancangan ini perlu dilakukan mengingat nilai *unavailability* pada konfigurasi ODU 1+0 belum memenuhi standar ITU-T G.821 *class 450 km for 10 km hop* dan kapasitas sistem yang dimiliki hanya sebesar 161 Mbps, sehingga dilakukan perancangan dengan konfigurasi 4+0 untuk meningkatkan nilai *unavailability* dengan kapasitas sistem yang dimiliki sebesar 644 Mbps agar semua kebutuhan *user* dapat terpenuhi.

2. DASAR TEORI/ MATERIAL DAN METODOLOGI/ PERANCANGAN

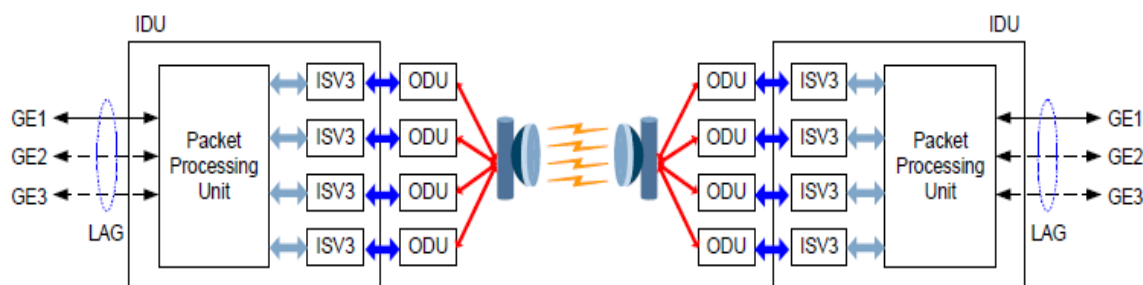
2.1 Indoor Unit (IDU)

Indoor unit (IDU) berisi modem radio berfungsi sebagai titik terminasi untuk sinyal digital dari perangkat *end user* dan kemudian mengubahnya ke dalam sinyal yang berbasis sinyal radio untuk dikirimkan sepanjang transmisi gelombang mikro dengan menggunakan skema modulasi dan juga memodulasikan carrier ke sinyal digital pada penerima. IDU biasanya ditempatkan dilokasi yang terproteksi [5].

2.2 Outdoor Unit (ODU)

Outdoor unit (ODU) berfungsi untuk mengkonversi sinyal digital berfrekuensi rendah (*intermediate frequency*) menjadi sinyal radio berfrekuensi tinggi (*radio frequency*). Perangkat ODU berisi perangkat *Radio Frequency* pengirim dan penerima [5].

Konfigurasi 4+0 memiliki empat *link* atau jempat alur dan empat ODU dengan satu antenna.



Gambar 1 Konfigurasi ODU 4+0.

Komponen IDU terbagi menjadi dua yaitu *packet processing unit* dan ISV3 seperti pada Gambar 1. *Packet processing unit*, berfungsi untuk melakukan proses *switching* dalam pembagian *port* sesuai dengan jenis papan IDU yang digunakan. ISV3 merupakan salah satu jenis papan IDU yang mendukung mode kerja gelombang mikro IP terintegrasi. Papan ISV3 mendukung dua mode yang sedang berjalan yaitu IS3 (dapat digunakan untuk mode modulasi QPSK, dari 16 QAM sampai 2048 QAM) dan IS2 (dapat digunakan untuk mode modulasi QPSK, 16 QAM sampai 256 QAM). Papan ISV3 berfungsi dalam mode IS3 dan empat *link* gelombang radio mikro dikonfigurasi secara konsisten. ODU berfungsi membagi sinyal IF analog, kemudian sinyal analog diubah menjadi sinyal RF lalu sinyal dikirimkan ke antenna melalui gelombang radio[6]. *Physical Link Aggregation* (LAG) dapat membawa layanan dengan kapasitas yang besar, melalui pembagian beban yang seimbang dan sangat efisien. Tujuan utamanya yaitu untuk menggandakan kapasitas lebih dari satu saluran radio [7].

2.3 Availability

Availability adalah perbandingan (*ratio*) total waktu *available* (dapat melayani) suatu perangkat dalam setahun (ITU-T Rec G.821), dimana *unavailability* (tidak dapat melayani) ini dipengaruhi oleh berbagai faktor baik faktor bawaan perangkat kehandalan (*reliability*) maupun aspek rekayasa parameter rancangan yang mempengaruhi terjadinya degradasi seperti faktor *error rate* dan sebagainya yang mempengaruhi probabilitas terjadinya *unavailable* [8].

Tabel 1 Standar Nilai *Availability* menurut ITU-R [9].

International Legacy Standard ITU-R (ITU-T G.821)		
Availability Two-way Objectives		
No	Condition	Availability
1	High grade circuit F.557-4 & F.695	99.997% for 46.7 km hop in 2500 km HDRP
2	Medium grade circuit, F.696-2	
	a. Class 1280 km radio section	99.997% for 46.7 km hop
	b. Class 2280 km radio section	99.996% for 46.7 km hop
	c. Class 350 km radio subsection	99.98% for 50 km hop
		99.995% for 10 km hop
d. Class 450 km radio subsection	99.95% for 50 km hop	
	99.99% for 10 km hop	
3	Local grade link, F.697-2	commonly user for high frequency (>17GHz) hops
		no availability objectives

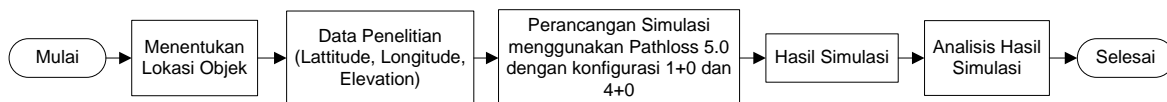
2.4 Protection Topology

Dalam *end-to-end availability* biasanya didasarkan pada pengukuran *path element* yang terakumulasi. Dalam jaringan baru, orang yang bekerja sebagai perencana jaringan akan menjadikan *availability* sebagai parameter yang mudah digunakan untuk menjadi asumsi kerja. Dalam ITU-T G.827, dalam rekomendasi ini, diasumsikan bahwa semua *path element* dalam satu domain aturan (seperti negara) akan dicakup oleh satu tujuan. Setiap operator jaringan tertentu mungkin memiliki informasi yang lebih rinci, tetapi poin ini berada di luar cakupan Rekomendasi ini [10].

Dalam ITU-T G.827, terdapat rekomendasi penambahan kanal untuk dapat memberikan proteksi dalam pemberian layanan untuk meningkatkan *availability*. Penambahan kanal yang digunakan untuk proteksi ini tidak akan berguna jika perpindahan ke kanal proteksi tidak dapat dilakukan. Di samping itu jika terdapat penambahan kanal dan bisa dilakukan perpindahan kanal ke kanal proteksi ini, nilai *unavailability* akan didapatkan pada saat seluruh kanal tidak dapat memberikan layanan [10].

2.5 Alur Penelitian

Terdapat beberapa tahapan penelitian sebelum melakukan analisis dan perancangan *link radio microwave* agar dapat menghasilkan perancangan yang baik (sesuai standar yang berlaku). Adapun tahapannya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Flowchart Penelitian

Berdasarkan Gambar 2, di awal penelitian ini dilakukan penentuan lokasi objek dan juga data penelitian. Setelah itu dilakukan dua simulasi dengan menggunakan Pathloss 5.0 yaitu konfigurasi 1+0 dan juga konfigurasi 4+0. Setelah itu hasil simulasi dianalisis untuk memperlihatkan hasil dari penelitian ini.

Terdapat beberapa tahapan penelitian sebelum melakukan analisis dan perancangan *link radio microwave* agar dapat menghasilkan perancangan yang baik (sesuai standar yang berlaku). Adapun tahapannya dapat dilihat pada Gambar 2.

2.6 Data Penelitian

Data yang diperlukan dalam perancangan dapat dilihat pada Tabel 2. Penggunaan frekuensi diatur oleh Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia (KOMINFO) yaitu tentang perancangan penggunaan kanal frekuensi radio *microwave link* titik ke titik (*Point-to-Point*) [11]. Pada perancangan ini digunakan frekuensi 11 GHz karena jarak antara *site* Condet Gedong ke *site* Kp Rambutan sebesar 9.61 km.

Tabel 2 Data yang Diperlukan dalam Melakukan Perancangan dengan Konfigurasi 1+0

Parameter Masukan	Site Condet Gedong	Site Kp. Rambutan
<i>Latitude</i>	06 13 00.70 S	06 18 08.60 S
<i>Longitude</i>	106 51 31.10 E	106 52 26.40 E
Elevasi	11.7 m	33.5 m
Ketinggian <i>Obstacle</i>	14 m	14 m
Frekuensi	11 GHz	11 GHz
<i>Anntena Model</i>	HP4-11	HP4-11
<i>Transmissions Line</i>	EW90	EW90
<i>Circulator Branching Loss</i>	3 dB	3 dB
Radio Model	PASOLINK+ 11G 155MB	PASOLINK+ 11G 155MB
Tx Channel 1+0	11 10735.00 Mhz - 1h 11265.00 MHz	11 10735.00 Mhz - 1h 11265.00 MHz
Tx Channel 4+0	11 10735.00 Mhz - 1h 11265.00 MHz	11 10735.00 Mhz - 1h 11265.00 MHz
	31 10815.00 MHz - 3h 11345.00 MHz	31 10815.00 MHz - 3h 11345.00 MHz
	51 10895.00 MHz - 5h 11425.00 MHz	51 10895.00 MHz - 5h 11425.00 MHz
	71 10975.00 MHz - 7h 11505.00 MHz	71 10975.00 MHz - 7h 11505.00 MHz

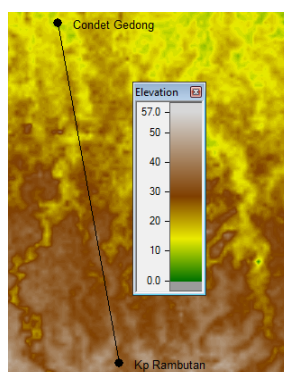
2.7 Perancangan Simulasi

- Memasukan semua parameter di *site list* mulai dari nama *site*, *latitude*, *longitude*, dan *elevation* yang tertera pada Tabel 2.

	Site name	Latitude	Longitude	Call sign	Station code	Elevation (m)
1	Kp Rambutan	06 18 08.60 S	106 52 26.40 E			33.5
2	Condet Gedong	06 13 00.70 S	106 51 31.10 E			11.7
3						

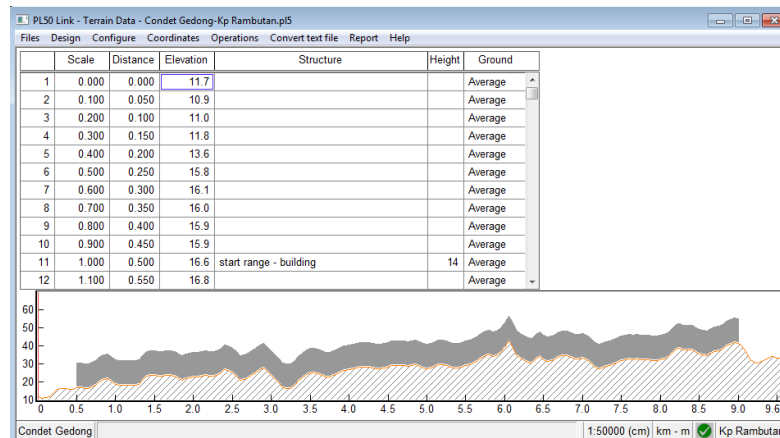
Gambar 3 Site List

- Hubungkan kedua *link* menggunakan *point-to-point*.



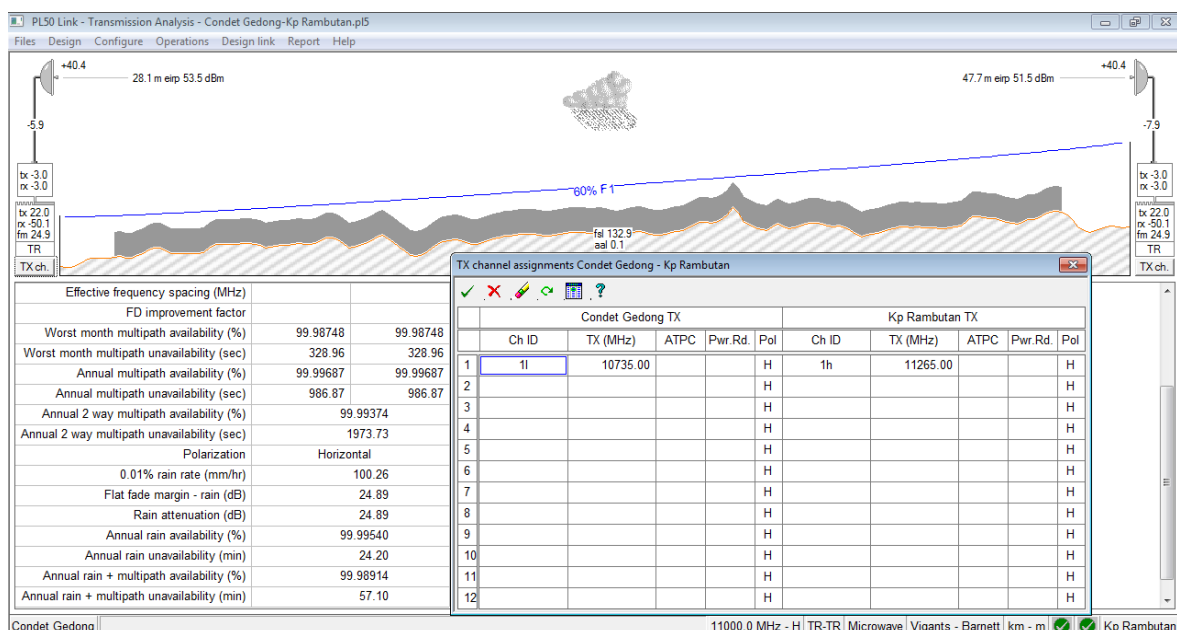
Gambar 4 Lokasi Penelitian

- c. Klik *link*, pilih *terrain* data kemudian masukan besarnya nilai penghalang setelah itu pilih *generate profil* untuk mendapatkan kontur bumi. Pada kolom *structure* isikan penghalang jenis *building* disepanjang *link* radio *microwave* dengan ketinggian 14 m, karena di wilayah lokasi penelitian yaitu Jakarta Timur merupakan daerah yang memiliki banyak bangunan baik rumah ataupun gedung-gedung perkantoran. Sehingga didapatkan nilai ketinggian antenna yang sesuai (tidak terlalu tinggi ataupun rendah) agar kondisi *link* memenuhi syarat *Lin Of Sight (LOS)*.

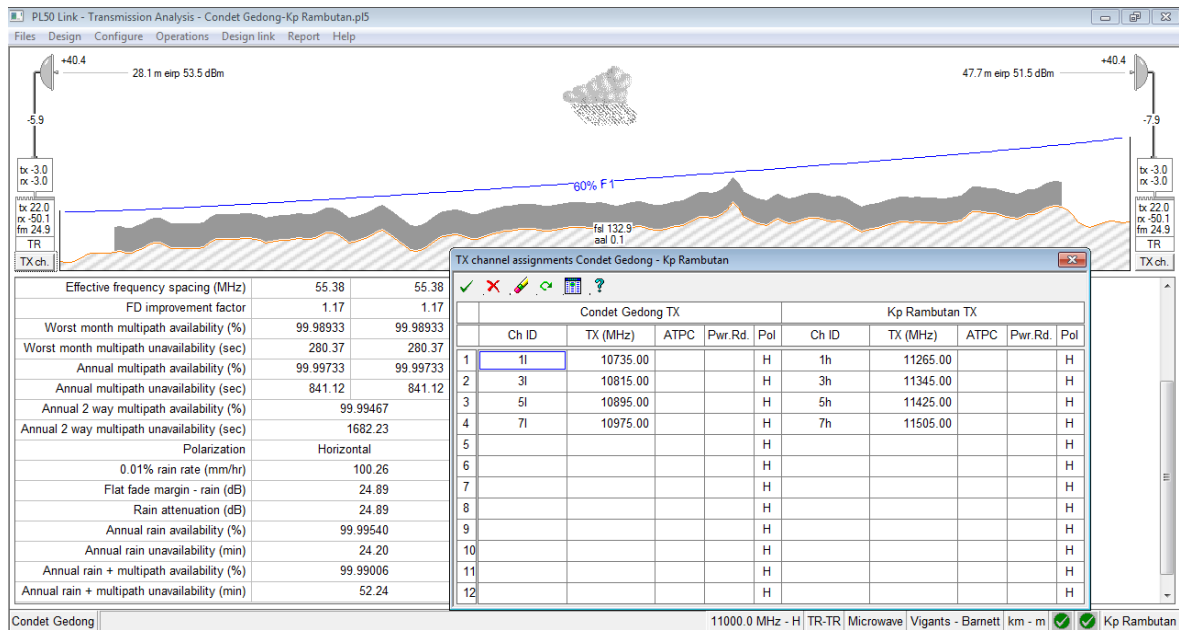


Gambar 5 Terrain Data

- d. Isi semua parameter sesuai dengan Tabel 2 mulai dari frekuensi, model antenna, *transmission lines*, *circulator branching loss*, *microwave*, *Tx channel assignments*, *rain-ITU-R P530*, dan *path profile* data. Sehingga didapatkan hasil perancangan dengan nilai *availability* yang sesuai standar ITU-T G.821 *class 450 km for 10 km*.
- e. Setelah memasukkan semua parameter, pada bagian *Tx channel assignments* dilakukan kedua simulasi yang dimaksudkan. Pada gambar 6 menunjukkan perancangan konfigurasi 1+0 dan pada gambar 7 menunjukkan perancangan konfigurasi 4+0.



Gambar 6 Hasil Perancangan dengan Konfigurasi 1+0



Gambar 7 Hasil Perancangan dengan Konfigurasi 4+0

3. PEMBAHASAN

Perancangan jaringan *link radio microwave* menggunakan konfigurasi 4+0 disimulasikan dengan *software Pathloss 5.0* pada *site* Condut Gedong yang berada di *latitude* 06 13 00.70 S dan *longitude* 106 51 31.10 E terletak pada 33.5 m di atas permukaan laut dengan *site* Kp Rambutan yang berada pada *latitude* 06 18 08.60 S dan *longitude* 106 52 26.40 E terletak pada 11.7 m di atas permukaan laut yang memiliki nilai *gain* sebesar 40.40 dBi dan Tx Power 22 dBm.

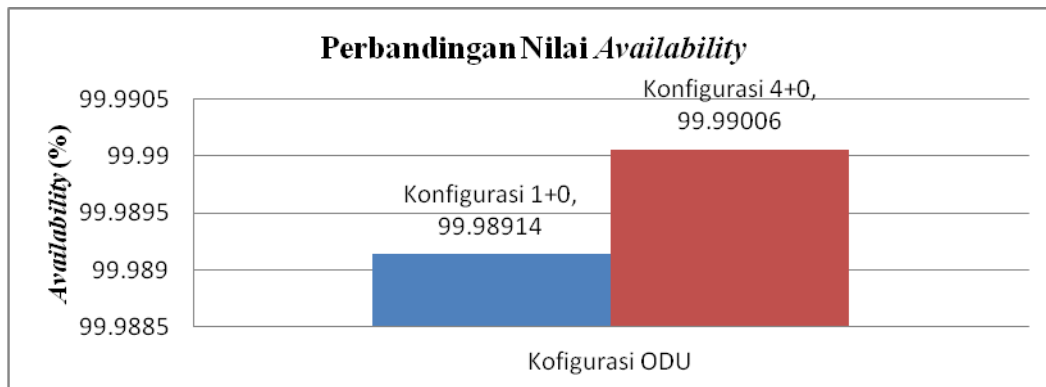
Pada perancangan ini, semua parameter yang digunakan dalam melakukan perancangan konfigurasi 4+0 sama dengan parameter yang digunakan pada konfigurasi 1+0 yang membedakan hanya terdapat pada Tx *channel*. Pada konfigurasi 1+0 hanya terdapat satu Tx *channel* yang di inputkan, sedangkan pada konfigurasi 4+0 terdapat empat Tx *channel* yang di inputkan. Hal ini yang menyebabkan nilai *availability* meningkat, karena semakin banyak penggunaan *channel* frekuensi maka semakin besar pula nilai *throughput* yang dihasilkan.

Tabel 3 Hasil Perancangan

Hasil Perancangan <i>Link Radio Microwave</i>		
Parameter	Konfigurasi 1+0	Konfigurasi 4+0
<i>Receive signal</i>	-50.11 dBm	-50.11 dBm
R_X <i>threshold level</i>	-75.00 dBm	-75.00 dBm
<i>Annual rain availability</i>	99.9954%	99.9954%
<i>Annual rain + multipath availability</i>	99.98914%	99.99006%

Berdasarkan hasil perancangan pada Tabel 3, didapatkan nilai RSL sebesar -50.11 dBm. Nilai tersebut dapat dinyatakan bagus karena memenuhi standar $RSL < -50$ dBm s.d. -88 dBm dan nilai $RSL \geq R_{TH}$ yaitu -50.11 dBm ≥ -75 dBm. Pada konfigurasi 1+0 didapatkan nilai *availability* sebesar 99.9954%. Nilai tersebut sudah mencapai standar ITU-T G.821 *class 450 km for 10 km hop* dengan standar 99.99%, namun untuk nilai *Annual Rain + Multipath Availability* belum mencapai standar karena memiliki nilai 99.98914%. Sedangkan perancangan *link radio microwave* dengan konfigurasi 4+0 digunakan empat *channel* frekuensi dengan penggunaan frekuensi yang sama,

sehingga memiliki nilai *Annual Rain + Multipath Availability* yang lebih besar dibandingkan dengan perancangan *link radio microwave* menggunakan konfigurasi 1+0 yaitu sebesar 99.99006%.



Gambar 8 Perbandingan Nilai *Annual rain + multipath availability*

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan pada analisa *link radio microwave* menggunakan konfigurasi 4+0, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Pada perancangan ini, konfigurasi ODU 4+0 dilakukan untuk meningkatkan nilai *availability* sistem agar sesuai dengan standar ITU-T G.821 class 450 km for 10 km hop.
- Berdasarkan hasil perancangan *link radio microwave* menggunakan frekuensi 11 GHz dengan jarak 9.61 km dari *site* Condet Gedong ke *site* Kp Rambutan memiliki nilai *gain* sebesar 40.40 dBi, ketinggian antenna *transmitter* 28.09 m, ketinggian antenna *receiver* 47.73 m, dan Tx power 0.16 watt didapatkan hasil *Receive Signal Level (RSL)* sebesar -50.11 dBm dan Rx *Threshold Level* sebesar -75 dBm, nilai tersebut sudah sesuai standar karena $RSL \geq R_{TH}$.
- Pada konfigurasi 1+0 didapatkan nilai *Annual Rain + Multipath Availability* sebesar 99.98914% nilai tersebut belum mencapai standar ITU-T G.821 class 450 km for 10 km hop yaitu 99.99%. setelah dilakukan perancangan menggunakan konfigurasi 4+0 didapatkan nilai *Annual Rain + Multipath Availability* sebesar 99.99006% nilai tersebut sudah mencapai standar.
- Secara keseluruhan, perancangan *link radio microwave* dengan konfigurasi 4+0 sudah sesuai standar ITU-T G.821 class 450 km for 10 km hop sehingga dapat menjadi solusi dalam meningkatkan nilai *availability* dan dapat menjadi solusi dalam memenuhi kebutuhan pengguna jaringan seluler yang memiliki jumlah penduduk yang banyak karena memiliki kapasitas sistem yang lebih besar yaitu 644 Mbps.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] APJII and P. Indonesia, *Penetrasi dan Perilaku Pengguna Internet Indonesia*. Jakarta, Indonesia, 2018.
- [2] T. Ranadipura and A. Wagyana, "Peningkatan Kapasitas Link Radio untuk Mengatasi WAN Congestion dengan Metode Link Aggregation," *ORBITH*, vol. 14, no. 1, p. 40, 2018.
- [3] C. Ahmadi, "Analisis Kapasitas Kanal Terhadap Jumlah Antena pada Sistem MIMO (Multiple Input Multiple Output)," *J. Imliah SISFOTENIKA*, vol. 5, no. 1, p. 37, 2015.
- [4] W. E. Rinandi, "Analisis Pengaruh Interferensi terhadap Passive Repeater Link Microwave Berdasarkan Standar ITU-T-G.821," Pontianak, 2019.
- [5] A. Hikmaturohman and A. Wahyudin, *Perancangan Jaringan Gelombang Mikro Menggunakan Pathloss 5*. Yogyakarta: Pustaka Ilmu, 2018.

- [6] Huawei Teknologi, "OptiX RTN 950A Radio Transmission System Product Description." p. 113, 2015.
- [7] Huawei Teknologi, "Huawei Microwave Product Pre-sales Specialist Training." Huawei Technologies Co., p. 16, 2012.
- [8] M. Kurk, *Microwave Communication Basics*. Purwokerto, 2019.
- [9] G. Kizer, *Digital Microwave Communication: Engineering Point-to-Point Microwave Systems*. Amerika, 1945.
- [10] I. T. Union, *Availability performance parameters and objectives for end-to-end international constant bit-rate digital paths*. International Telecommunication Union-Telecommunication G.827 (09/2003), 2003, pp. 15–21.
- [11] Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia, *Perubahan atas Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 33 tahun 2015 tentang Perencanaan Penggunaan Kanal Frekuensi Radio Microwave Link Titik ke Titik (Point-to-Point)*. Jakarta: KOMINFO, 2017, p. No. 13.