

ANALISIS IMPLEMENTASI FREQUENCY DIVERSITY TERHADAP NILAI AVAILABILITY SYSTEM PADA WILAYAH URBAN DAN RURAL

ANALYSIS OF FREQUENCY DIVERSITY IMPLEMENTATION OF AVAILABILITY SYSTEM VALUE IN URBAN AND RURAL REGION

Anggi Shabrina ¹, EkaWahyudi ², Solichah Larasati ³

^{1,2,3} Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Telekomunikasi & Elektro, Institut Teknologi Telkom Purwokerto

¹16101045@ittelkom-pwt.ac.id, ²0617117601@ittelkom-pwt.ac.id, ³laras@ittelkom-pwt.ac.id

Abstrak

Salah satu media transmisi yang banyak digunakan yaitu media transmisi menggunakan gelombang mikro. Gelombang mikro masih dibutuhkan saat ini karena tidak semua lokasi diizinkan untuk pengelaran jaringan menggunakan kabel, selain itu pengaruh terhadap bencana alam kecil, dan lebih praktis diimplementasikan pada wilayah urban maupun rural. Namun dalam penggunaan transmisi gelombang mikro terdapat kendala-kendala yang dapat menyebabkan proses transmisi mengalami gangguan dalam proses penyampaian informasi. Salah satu kendala yang mempengaruhi transmisi gelombang radio yaitu adanya efek *fading* yang menyebabkan turunnya daya terima dan rusaknya kualitas transmisi. Oleh sebab itu, perlu dilakukan proses optimasi untuk meningkatkan *availability* sistem komunikasi gelombang mikro. Penggunaan teknik *diversity* yang dapat meningkatkan nilai kehandalan sistem. Pada penelitian ini teknik *diversity* yang digunakan yaitu *frequency diversity*. Hasil dari simulasi perancangan jaringan transmisi gelombang mikro pada penelitian ini mendapatkan nilai kehandalan sistem sebelum menggunakan teknik *diversity* yaitu sebesar 99,99331%. Setelah menggunakan teknik *frequency diversity* didapatkan hasil sebesar 99,99978%. Hasil akhir simulasi ini sesuai dengan yang diharapkan dengan adanya penerapan teknik *frequency diversity* akan mengoptimalkan layanan kepada pengguna dengan tingkat kehandalan sistem sebesar 0,00647% lebih optimal.

Kata kunci: Diversity, frequency diversity, gelombang mikro, availability.

Abstract

One of the widely used transmission media is transmission media using microwave. Microwaves are still needed today as not all locations allow for network performances using cables, in addition to the influence of small natural disasters, and are more practical to implement in urban and rural areas. But in the use of micro wave transmission there are constraints that can cause the transmission process to experience interference in the process of conveying information. One obstacle that affects transmission of radio waves is the presence of fading effect that causes the decline in the receiving power and damage transmission quality. Therefore, the optimization process is necessary to increase the availability of the microwave communication system. The use of a diversity technique can increase the value of system reliability. In this research the diversity technique used is frequency diversity. The result of the design simulation of microwave transmission network in this study obtained the value of system reliability before using the diversity technique of 99.99331%. After using the frequency diversity technique obtained the result of 99.99978%. The final result of this simulation is as expected by the application of frequency diversity technique will optimize service to users with a system reliability level of 0.00647% more optimal.

Keywords: Diversity, frequency diversity, microwaves, availability.

1. PENDAHULUAN

Menurut Badan Pusat Statistik Indonesia, jumlah penduduk Indonesia sudah mencapai 264 juta. Bertambahnya jumlah penduduk, maka bertambah pula pengguna jaringan telekomunikasi di Indonesia. Perkembangan pengguna ini juga mempengaruhi perkembangan teknologi telekomunikasi di Indonesia. Seiring dengan bertambahnya jumlah pengguna, maka pelayanan jaringan telekomunikasi juga perlu ditingkatkan. Pada sistem komunikasi saluran jaringan transmisi sangat memegang peranan penting dalam menyalurkan data dari sumber ke tujuan. Dalam proses transmisi ini media yang digunakan sangat banyak antara lain media melalui kabel maupun tanpa kabel[1].

Mengingat di Indonesia dengan kondisi geografis terdiri dari perairan, gunung, dan perbukitan maka diperlukannya teknologi tanpa kabel. Hal ini mampu diimplementasikan pada wilayah yang tidak dapat dijangkau menggunakan teknologi *wireline*. Teknologi ini disebut dengan jaringan komunikasi gelombang mikro, dengan sistem transmisi menggunakan *microwave* dan antena sebagai alat untuk memancarkan sinyal agar dapat saling berkomunikasi. Dalam proses terjadinya sistem komunikasi ini secara *point to point* terdapat dua buah antena sebagai *transmitter* (Tx) berfungsi sebagai media pengirim sinyal dan *receiver* (Rx) yang berfungsi sebagai media penerima sinyal.

Media transmisi gelombang mikro merupakan media transmisi tanpa kabel yang banyak dipilih karena proses perambatannya relatif cepat, serta instalasi yang relatif lebih mudah. Sedangkan dengan media transmisi kabel sebagai contoh kabel optik, instalasi yang lebih sulit serta biaya yang lebih tinggi dibandingkan dengan media transmisi gelombang mikro. Namun dalam penggunaan transmisi gelombang mikro tidak terlepas dengan kendala-kendala yang dapat menyebabkan proses transmisi mengalami gangguan yang mengakibatkan proses dalam penyampaian informasi terganggu.

Adapun salah satu hal yang dapat mempengaruhi transmisi gelombang radio yaitu adanya *fading*. *Fading* merupakan fenomena turun naiknya sinyal yang menyebabkan turunnya daya terima dan rusaknya kualitas transmisi. Maka dari itu haruslah adanya nilai unjukkerja atau nilai kehandalan dalam sistem jaringan tersebut agar mendapatkan kondisi sistem secara optimal. Pada ukuran kehandalan suatu sistem disebut dengan *availability*. Dari nilai *availability* dapat diketahui apakah sistem dalam keadaan optimal maupun tidak. Secara umum nilai dari kehandalan sistem haruslah 100%, namun dengan adanya *loss* dalam sistem tidak mungkin terpenuhi.

Oleh sebab itu, optimasi perlu dilakukan untuk meningkatkan *availability* sistem komunikasi *microwave*. Berdasarkan penelitian sebelumnya diketahui hasil dengan menggunakan teknik *diversity* dapat meningkatkan nilai kehandalan sistem pada jaringan komunikasi tersebut. Beberapa teknik *diversity* yaitu *space diversity* dengan penggunaan dua antena pada sisi pengirim maupun penerima menggunakan satu frekuensi kerja. Sedangkan, pada teknik *frequency diversity* dengan penggunaan satu antena pada sisi pengirim dan penerima, namun menggunakan dua frekuensi kerja.

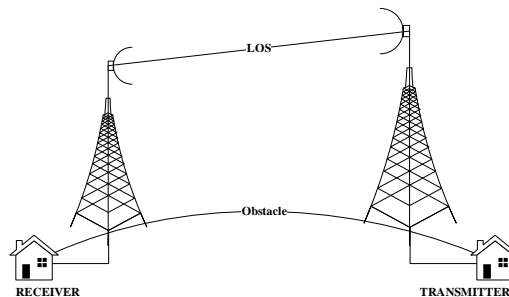
Dalam penelitian ini, penulis menggunakan teknik *frequency diversity* pada lokasi penelitian di wilayah urban dan rural sebagai solusi terbaik. Dengan pemilihan teknik ini di dasari agar penggunaan dengan dua frekuensi kerja dapat meminimalkan *cost* yang digunakan. Hal ini mampu mengoptimalkan layanan kepada pengguna agar nilai kehandalan sistem yang didapatkan baik. Dengan latar belakang ini penulis mengangkat tema dengan judul “ANALISIS IMPLEMENTASI *FREQUENCY DIVERSITY* TERHADAP NILAI *AVAILABILITY SYSTEM* PADA WILAYAH URBAN DAN RURAL”. Adapun maksud dan tujuannya yaitu untuk merencanakan sistem komunikasi radio gelombang mikro digital *point to point* yang memenuhi syarat *Line of Sight* (LOS) dan analisis kehandalan sistem berdasarkan metode *frequency diversity*.

2. DASAR TEORI

2.1 Sistem Komunikasi Gelombang Mikro

Sistem komunikasi radio gelombang mikro adalah sistem komunikasi yang dapat mengirimkan informasi dari satu lokasi pengirim ke lokasi penerima tanpa terganggu kondisi daratan. Komunikasi berupa suara, video, dan data dikirimkan melalui udara bebas (*air interface*) pada *range* frekuensi 2 GHz sampai 24 GHz, berdasarkan standar yang direkomendasikan oleh *Committee Consultative International on Radio* (CCIR)[2].

Sistem komunikasi *microwave* terdiri dari 2 bagian utama yaitu pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). Dalam perjalanannya dari antenna pemancar ke antenna penerima, sinyal radio *microwave* melalui berbagai rintangan dengan mekanisme perambatan dasar. Mekanisme perambatan tersebut adalah *Line-of-sight* (LOS) yang merupakan lintasan propagasi gelombang radio berdasarkan garis pandang manusia. Ini berarti bahwa antara antenna pemancar dengan antenna penerima tidak boleh ada penghalang (*obstacle*) yang menghalangi lintasan propagasi seperti pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Propagasi LOS[3]

Baik stasiun pemancar maupun penerima yang digunakan dalam jaringan harus ditempatkan di tempat yang tinggi, atau pada menara yang tinggi agar diperoleh daerah propagasi LOS yang maksimum. Sehingga ketika propagasi LOS maksimum akan diperoleh lintasan propagasi langsung (*direct signal path*). Propagasi LOS untuk radio gelombang mikro menggunakan sinyal gelombang radio atau *Radio Frequency* (RF) yang merupakan gelombang elektromagnetik[4]. Komunikasi radio *microwave* biasanya digunakan untuk sistem komunikasi satelit maupun sistem komunikasi *terrestrial* yang dirambatkan melalui atmosfer, sehingga kondisi atmosfer akan sangat mempengaruhi energi perambatan gelombangnya. Fluktuasi penurunan energi berkas gelombang akibat atmosfer ini disebut dengan *fading*[5].

2.2 Klasifikasi Link Microwave

Komunikasi radio *microwave* digunakan dalam sistem komunikasi seluler sebagai jalur transmisi yang menghubungkan satu MSC dengan MSC yang lain yang dalam satu jaringannya, penghubung MSC dengan BSC, penghubung BSC dengan beberapa BTS, maupun antar BTS. Walaupun terdapat alternatif lain dengan menggunakan jalur transmisi kabel serat optik, ataupun saluran *wireline* lainnya, jalur transmisi *microwave* masih lebih sering digunakan. Pada umumnya *link microwave* beroperasi pada *range* frekuensi 2 GHz sampai 58 GHz. Berdasarkan *range* frekuensi kerjanya, *link microwave* dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori yaitu *short haul*, *medium haul*, dan *long haul* [6]. Dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Band frekuensi transmisi gelombang mikro[6]

| Range Frekuensi | Band Frekuensi | Jangkauan Maksimum |
|-----------------|----------------|--------------------|
| | 23 GHz | 18 km |

| | | |
|--------------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| <i>Short Haul</i> (23 GHz – 58 GHz) | 26 GHz | 15 km |
| | 27 GHz | 15 km |
| | 38 GHz | 10 km |
| | 55 GHz | <10 km |
| | 58 GHz | 1 km – 2 km |
| Range Frekuensi | Band Frekuensi | Jangkauan Maksimum |
| <i>Medium Haul</i> (13 GHz – 18 GHz) | 13 GHz | 40 km |
| | 15 GHz | 35 km |
| | 18 GHz | 20 km |
| <i>Long Haul</i> (2 GHz – 10 GHz) | 2 GHz | 80 km |
| | 7 GHz | 50 km |
| | 10 GHz | 45 km |

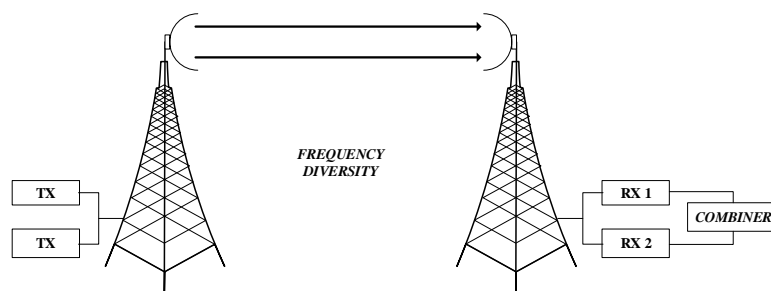
Pada **Tabel 2.1**, ada beberapa *range* frekuensi yang digunakan dan hal ini disesuaikan dengan *band* frekuensi yang akan mempengaruhi jangkauan maksimum pada *band* frekuensi yang digunakan, dapat dicontohkan untuk *band* frekuensi yang penulis gunakan yaitu sebesar 8 GHz yang mana hal ini dapat menjangkau jarak maksimum sejauh 50 km.

2.3 Penanggulangan *Fading*

Terdapat banyak pengaruh redaman dan *fading* pada berkas gelombang mikro, oleh karena itu perlu diberikan suatu solusi untuk mengatasinya yaitu dengan peragaman (*diversity*). *Diversity* adalah suatu teknologi yang diterapkan pada penerimaan sistem komunikasi yang pada dasarnya untuk mengatasi pengaruh *fading* yang terjadi pada lintasan jalur komunikasi *microwave* dan operasi sistem ini dilakukan oleh dua atau lebih pada sistem secara bersamaan untuk meningkatkan kualitas sinyal yang diterima. Contoh teknik *diversity* yaitu *space diversity* dan *frequency diversity*[2]. Teknik ini dapat digambarkan sebagai perangkat yang *redundancy*, alternatif atau jalur jaringan cadangan yang digunakan untuk meningkatkan ketersediaan jaringan. Ini memungkinkan jalur untuk dihubungkan bahkan jika *link* pada jaringan terputus, tanpa mempengaruhi konektivitas perangkat di jalur tersebut.

2.3.1 *Frequency Diversity*

Frequency diversity seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.2** merupakan sistem yang mengoperasikan dua frekuensi gelombang mikro pada satu antenna baik itu di pemancar maupun penerima. Informasi yang dikirimkan secara simultan dikirimkan kedua *transmitter* yang beroperasi pada frekuensi yang berbeda kemudian diteruskan ke satu antenna pemancar[2]. Pada antenna penerima akan dikumpulkan informasi dan memisahkannya menjadi dua sinyal.



Gambar 2.2 Sistem *Frequency Diversity*[3]

2.4 Perhitungan *Frequency Diversity*

Pada teknik *Frequency Diversity* sistem yang mengoperasikan dua frekuensi gelombang mikro pada satu antenna baik itu di pemancar maupun penerima. Informasi yang dikirimkan secara simultan oleh kedua *transmitter* yang beroperasi pada frekuensi yang berbeda kemudian diteruskan ke satu antenna pemancar. Pada antenna penerima akan dikumpulkan informasi dan memisahkannya menjadi dua sinyal. Perbedaan frekuensi (Δf) anantara kedua frekuensi cukup 2% dan akan lebih baik jika berbeda 6% untuk menghindari terjadinya interferensi yang besar. Apabila dalam sistem transmisi menggunakan teknik *frekuensi diversity* untuk mengatasi *fading*, maka akan diperoleh faktor perbaikan ditunjukkan **Persamaan 2.1** [6]:

$$I_{fd} = \frac{0.8 \times \Delta f}{f^2 \times D} \times 10^{FM/10} \quad (2.1)$$

keterangan, Δf adalah perbedaan *frekuensi diversity*, jika persamaan di atas diubah kedalam *desibel* maka akan didapatkan **Persamaan 2.2** [6]:

$$I_{fd} = 10 \log \Delta f + 20 \log f - 10 \log D + FM \ 0.9 \quad (2.2)$$

Setelah sistem mendapatkan perbaikan, maka didapatkan perbandingan *fading margin* dengan frekuensi *diversity* ditunjukkan **Persamaan 2.3** [6]:

$$FM = 20 \log D + 5 \log(2.5 \times a \times b) + 15 \log f - 5 \log UnAvpath - 5 \log \Delta f - 29.5 \quad (2.3)$$

keterangan, Δf adalah perbedaan frekuensi yang digunakan dalam sistem transmisi yang menggunakan teknik frekuensi *diversity*, sedangkan I_{fd} adalah faktor perbaikan setelah menggunakan teknik frekuensi *diversity* (dB).

2.5 Perhitungan *Link Budget*

1. Gain Antena

Parameter pengukur kemampuan antenna untuk mengirimkan gelombang yang diinginkan ke arah tujuan. Pada antenna parabola, efisiensi tidak mencapai 100% karena beberapa daya hilang. Secara komersial, efisiensi antenna parabola antara 50% hingga 70%. Besarnya nilai *gain* dapat dicari menggunakan **Persamaan 2.8** [18].

$$G = 20 \log f + 20 \log d + 10 \log \eta + 20,4 \quad (2.4)$$

keterangan,

G adalah *gain* atau penguatan antenna (dBi)

d adalah diameter antenna (m)

f adalah frekuensi antenna (GHz)

η adalah efisiensi antenna (50% - 70%)

2. *Free Space Loss* (FSL)

Free Space Loss adalah redaman yang sepanjang ruang antara antenna pemancar dan penerima. Pada ruang ini tidak di bolehkan adanya penghalang, karena transmisinya sendiri berkarakter LOS. Besarnya FSL dapat dihitung dengan **Persamaan 2.9** [18].

$$FSL = 92,45 + 20 \log(f\text{GHz}) + 20 \log(D\text{km}) \quad (2.5)$$

keterangan,

FSL adalah *Free Space Loss* (dB)

F adalah frekuensi (GHz)

D adalah jarak antara antenna pemancar dan penerima (km)

3. *Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP)

EIRP merupakan daya maksimum gelombang sinyal mikro yang keluar dari antenna pemancar atau untuk menunjukkan nilai efektif daya yang dipancarkan antenna pemancar, dalam arti lain daya tersebut sudah mengalami penguatan dapat dituliskan seperti **Persamaan 2.10** [7].

$$EIRP = P_{Tx} + G_{antena} - L_{Tx} \quad (2.6)$$

keterangan,

EIRP adalah *Effective Isotropic Radiated Power* (dBm)

P_{Tx} adalah daya pancar (dBm)

G_{antena} adalah *gain antenna* (dBi)

L_{Tx} adalah *transmitter loss* (dB)

4. *Isotropic Receive Level* (IRL)

Besaran nilai IRL harus didapatkan terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai daya terima pada antenna penerima. Besar nilai IRL didapatkan dari **Persamaan 2.11** [7].

$$IRL = EIRP - FSL \quad (2.7)$$

keterangan,

IRL adalah *Isotropic Received Level* (dBW)

EIRP adalah *Effective Isotropic Radiated Power* (dBW)

FSL adalah *Free Space Loss* (dB)

5. *Receive Signal Level* (RSL)

Rugi-rugi pada jalur di sisi antenna penerima serta *gain* pada antenna penerima memperoleh besar nilai RSL. Nilai RSL pada piranti pengolah *decoding* dapat dihitung dengan menggunakan **Persamaan 2.12**[7].

$$RSL = IRL - G_{Rx} - L_{Rx} \quad (2.8)$$

keterangan,

RSL adalah *Received Signal Level* (dBm)

IRL adalah *Isotropic Received Level* (dBm)

G_{Rx} adalah *Gain Antenna Rx* (dBi)

L_{Rx} adalah *Receiver Loss* (dB)

6. Hoploss

Hoploss adalah perbedaan atau selisih antara *gain* dan *loss* pada *link microwave* Besarnya *Hoploss* dinyatakan dengan **Persamaan 2.13**[7].

$$L_h = FSL + L_{ex} + L_{Atm} - (G_{Tx} + G_{Rx}) \quad (2.9)$$

keterangan,

L_h adalah *hoploss* (dB)

FSL adalah *Free Space Loss* (dB)

L_{ex} adalah *loss* tambahan (dB) ; *loss* sisi tx-rx tanpa pengaruh atmosfer

L_{Atm} adalah *atmosphere loss* (dB)

G_{Tx} adalah *gain receive antenna* (dBi)

G_{Rx} adalah *gain transmit antenna* (dBi)

7. *Fading Margin*

Untuk mengetahui cadangan daya pada teknik *frequency diversity* dapat menggunakan **Persamaan 2.14** di bawah ini.

$$FM = 30 \log D + 10 \log (a \times b \times 2,5 \times f) - 10 \log U_n A_v Path - 60 - I_{fd} \quad (2.10)$$

keterangan,

FM adalah *Fading Margin* (dB)

D adalah panjang lintasan (km)

F adalah frekuensi (GHz)

a adalah faktor kekasaran bumi, dengan parameter nilai 1 ialah daerah kekasaran rata-rata, dataran, dengan parameter nilai 4 ialah daerah halus, laut, danau, dan gurun, sedangkan dengan parameter nilai $\frac{1}{4}$ ialah merupakan pegunungan dan dataran tinggi.

b adalah faktor iklim, dengan parameter nilai $\frac{1}{4}$ ialah daerah normal, $\frac{1}{8}$ yaitu daerah pegunungan (sangat kering), nilai $\frac{1}{2}$ berupa daerah panas dan lembab namun dalam perancangan menggunakan kondisi terburuk yaitu, b dengan nilai 1.

8. *Availability*

Metode *Vigants-Barnet* menggunakan persamaan antara *C-factor* dan *effective fade margin* untuk menghitung *unAvailability*. Persamaan tersebut dapat ditunjukkan pada **Persamaan 2.15**[7].

$$P = 6 \times 10^{-7} \times C \times f \times D^3 \times 10^{\frac{-FM}{10}} \quad (2.11)$$

keterangan,

P adalah *unAvailability*

C adalah *C factor*

f adalah frekuensi (GHz)

D adalah panjang lintasan (km)

FM adalah *fading margin* (dB)

Maka *Availability* dapat dinyatakan dengan **Persamaan 2.16**[7]:

$$Av_{path} = (1 - P) \times 100\% \quad (2.12)$$

keterangan, P adalah *unAvailability* system sedangkan Av_{path} adalah *Availability System*.

2.6 *Pathloss*

PathLoss versi 5 merupakan perangkat lunak (*software*) untuk perancangan jaringan komunikasi radio *microwave* yang digunakan oleh sebagian besar perencana jaringan. Aplikasi ini dapat menampilkan simulasi yang cukup akurat dalam hal perangkat dan lingkungan dimana jaringan radio akan diterapkan. Agar jaringan radio dapat disimulasikan dengan sempurna, maka diperlukanlah beberapa data atau *file* pendukung yang berisi spesifikasi perangkat beserta lingkungannya. Data *file* yang diperlukan diantaranya:

1. *Frequency Plan*

File *Frequency Plan* ini berisi daftar frekuensi berlisensi yang dimiliki oleh berbagai vendor. Setiap vendor mempunyai daftar frekuensi yang berbeda sesuai dengan lisensi yang dibeli.

2. *Microwave Antenna Data Files (MAS)*

File MAS ini merupakan representasi karakteristik antena yang diproduksi oleh vendor.

3. *Radio Models Data Files (MRS)*

Sedangkan file MRS berisi implementasi radio yang sesuai dengan file MAS.

4. SRTM/Data Geografis.

SRTM berisi data topografi yang dibuat oleh NASA, file ini juga dapat diunduh secara bebas di internet. Jika empat data file di atas sudah lengkap dimiliki, maka simulasi *link budget* pun sudah dapat dibuat[8].

3. PEMBAHASAN

Pada sub bab ini akan membahas tentang perbandingan perhitungan *link budget* berdasarkan hasil *report* simulasi menggunakan teknik *non-diversity* dengan teknik *frequency diversity* menggunakan perangkat lunak simulasi *Pathloss* 5.0. Hasil perbandingan kedua kondisi tersebut

dengan simulasi *Pathloss* 5.0 akan ditampilkan pada **Tabel 3.1** di BTS Telaga Pulang (Rural) dan BTS Sembuluh (Urban) hasil perbandingan dapat diamati dibawah ini.

Tabel 3.1 Hasil perbandingan *report* simulasi *Pathloss* 5.0 BTS Telaga Pulang (Rural) dan BTS Sembuluh (Urban)

| BTS Telaga Pulang (Rural) – BTS Sembuluh (Urban) | | | | | |
|--|-------------------|---------------|---------------|---------------------|---------------------------------------|
| Parameter | Standar | Non FD | FD 6% | Selisih Non FD & FD | Keterangan |
| <i>Gain Antenna (dBi)</i> | 40,8 | 40,40 | 40,40 | 0 | Sama baik |
| <i>Free Space Loss (dB)</i> | 135,98 | 136,00 | 136,00 | 0 | Sama baik |
| <i>EIRP (dBm)</i> | 64 | 63,88 & 63,19 | 63,88 & 63,19 | 0 | Sama baik |
| <i>RSL (dBm)</i> | -69,00 | -39,13 | -39,13 | 0 | Sama baik |
| <i>Hoploss (dB)</i> | 95,6 | 69,13 | 69,13 | 0 | Sama baik |
| <i>Dispersive Fade Margin (dB)</i> | 30 | 46,40 | 46,40 | 0 | Sama baik |
| <i>Effective Fade Margin (dB)</i> | 30 | 29,78 | 29,78 | 0 | Sama baik |
| <i>Availability (%)</i> | 99,9958 – 99,9975 | 99,99331 | 99,99978 | 0,00647 | <i>Frequency diversity</i> lebih baik |

Dapat diketahui hasil perbandingan perhitungan *link budget* pada BTS Telaga Pulang (Rural) dengan BTS Sembuluh (Urban) menggunakan *software* simulasi *Pathloss* 5.0, dapat diamati hasil kehandalan sistem lebih baik setelah menggunakan teknik *frequency diversity* hal ini di dasari berdasarkan **Tabel 3.1**. Pada BTS Telaga Pulang (Rural) dan BTS Sembuluh (Urban) diperoleh nilai *availability* dari hasil simulasi *Pathloss* 5.0 sebelum menggunakan *frequency diversity* sebesar 99,99331% lalu setelah ditambahkan *frequency diversity* dengan menggunakan frekuensi kerja yang sama yaitu 8 GHz dengan inputan *channel ID* pada *Pathloss* 5.0, yaitu *channel ID* 6%h (8841,662 MHz) untuk BTS Telaga Pulang (Rural) dan *channel ID* 6%l (8690,048 MHz) untuk BTS Sembuluh (Urban). Dengan perbedaan frekuensi atau *frequency diversity* yang digunakan adalah 6% dari frekuensi kerja sebesar 8 GHz dengan inputan *channel ID* pada *Pathloss* 5.0 didapatkan nilai *availability* setelah *frequency diversity* sebesar 99,99978%.

4. KESIMPULAN

Dapat disimpulkan hasil perbandingan jaringan transmisi radio gelombang mikro pada lokasi BTS Telaga Pulang (Rural) dan Sembuluh (Urban) menggunakan teknik *frequency diversity* menghasilkan perbaikan transmisi yang lebih optimal daripada jaringan transmisi menggunakan teknik *non-diversity* dengan nilai kehandalan sistem meningkat sebesar 0,00647%. Hal ini didukung juga dengan nilai RSL sebesar -39,13 dBm yang akan memaksimalkan optimasi sinyal, dimana nilai RSL ini sudah mencakup nilai minimal *Rx Threshold Level* dengan nilai sebesar -69,00 dBm. Berdasarkan ITU nilai RSL dengan rentang ≤ -50 dBm sampai dengan -88 dBm dikategorikan cukup baik.

Untuk *report* hasil simulasi menggunakan *software Pathloss* 5.0 didapatkan nilai kehandalan sistem sebesar 99,99331% dengan teknik *non-diversity*, sedangkan nilai kehandalan sistem dengan teknik *frequency diversity* didapatkan hasil sebesar 99,99978%. Berdasarkan standar ITU-R G.827

dan ITU-R F.1703 dengan rentang nilai *availability* 99,9958% sampai dengan 99,9975% maka nilai *availability* dengan teknik *frequency diversity* lebih baik daripada tanpa menggunakan teknik *diversity* pada lokasi BTS Telaga Pulang (Rural) dan Sembuluh (Urban), dengan peningkatan nilai *availability* ini dipengaruhi oleh nilai *unavailability* yang kecil dan juga nilai *improvement factor frequency diversity* (faktor perbaikan) yaitu adanya selisih frekuensi yang digunakan antara teknik *non-diversity* dengan teknik *frequency diversity*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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. 1, hal. 53–62.
- [2] A. Hikmaturokhman, *Diktat Kuliah Gelombang Mikro*. Purwokerto. Akatel Sandhy Putra, 2007.
- [3] A. Hikmaturokhman, Alfin dan Wahyudin, *Perancangan Jaringan Gelombang Mikro Menggunakan Pathloss 5.0*, 1 ed. Yogyakarta: Pustaka Ilmu, 2018.
- [4] O. R. Mariano, *Design Software for Terrestrial Line-of-sight Communications Systems in the Philippines*, *Int. J. Res. i Wirel. Syst.*, vol. 11, no. 1, hal. 24–30, 2012.
- [5] R. L. Freeman, *Telecommunication System Engineering*, Fourth. New York: A John Wiley & Sons, Ltd., 2004.
- [6] A. Hikmaturokhman, *Klasifikasi Link Microwave*. Purwokerto: Akatel Sandhy Putra, 2012.
- [7] A. S. Yuchintya, *Analisis Pengaruh Passive Repeater Terhadap Nilai Availability Menggunakan Pathloss 5.0*, Purwokerto, 2013.
- [8] D. B. Liu, *Optimasi Jaringan Microwave dengan Teknik Space Diversity Menggunakan Pathloss 5.0*, 2017.