

PERBANDINGAN PERFORMANSI *HYBRID DIVERSITY* DAN *SPACE DIVERSITY* UNTUK *LINK MICROWAVE* ANTAR PULAU

Mohammad Andri Kurnia^{*1}, Eka Wahyudi², Solichah Larasati³

Institut Teknologi Telkom Purwokerto
Jl. D.I. Panjaitan no.128 Purwokerto

^{1*}16101063@ittelkom-pwt.ac.id, ²ekawahyudi@ittelkom-pwt.ac.id, ³laras@ittelkom-pwt.ac.id

Abstrak— Semakin berkembangnya teknologi telekomunikasi saat ini, sehingga menyebabkan beberapa Pulau masih belum terjangkau dari teknologi telekomunikasi. Jarak antar pulau yang cukup jauh membutuhkan efisiensi dan fleksibilitas dari teknologi yang digunakan. Sistem komunikasi gelombang mikro merupakan teknologi yang banyak di implementasikan sebagai jaringan *backhaul* jaringan selular, karena memiliki kelebihan dalam kesederhanaan instalasi dan dapat menjangkau wilayah terpencil yang sulit terjangkau. Namun pada sisi penerima, sinyal yang diterima tidak hanya berasal dari sinyal LOS (*Line Of Sight*) tetapi sinyal juga dipantulkan oleh permukaan Bumi. Sinyal dari beberapa pantulan tersebut disebut dengan *multipath*, sinyal tersebut justru akan menimbulkan interferensi yang dapat menyebabkan *fading* atau perubahan gelombang elektromagnetik yang diterima. Untuk menanggulangi *multipath fading* yang terlalu tinggi, maka diperlukan optimasi antenna *diversity* dengan menggunakan teknik *hybrid diversity* dan *space diversity*. Pada optimasi maksimum *hybrid diversity* dengan 135λ dan 300 MHz didapatkan RSL -34,54 dBm, *fading margin* 33,70 dB dan *availability* 99,99987%, optimasi tersebut lebih baik dibandingkan *space diversity* pada optimasi maksimum dengan 135λ. Pada optimasi *hybrid diversity* sudah memenuhi standar ITU-R, dengan nilai RSL dibawah -30 dBm dan *availability* diatas 99,9800% - 99,9966%, untuk nilai *fading margin* masih belum memenuhi standar, namun dapat mengatasi permasalahan *multipath fading*.

Kata Kunci— *Microwave, Multipath, Fading, Diversity, Space Diversity, Hybrid Diversity.*

Abstract— *The development of telecommunications technology today, so that some islands are still not affordable from telecommunications technology. The considerable distance between islands requires the efficiency and flexibility of the technology used. The microwave communication system is a technology that is widely implemented as a cellular network backhaul network because it has advantages in the simplicity of installation and can reach remote areas that are difficult to reach. But on the receiving side, the signal received not only comes from the LOS (Line of Sight) signal but the signal is also reflected by the surface of the Earth. The signal from some of these reflections is called multipath, the signal will cause interference that can cause fading or changes in the electromagnetic waves received. To overcome multipath fading that is too high, it is necessary to optimize antenna diversity using hybrid diversity and space diversity techniques. At maximum optimization of hybrid diversity with 135λ and 300 MHz, RSL -34.54 dBm is obtained, the fading margin is 33.70 dB, and availability is 99.99987%, the optimization is better than space diversity at maximum optimization with 135λ. Optimization of hybrid diversity has met ITU-R standards, with RSL values below -30 dBm and availability above 99.900% - 99.9966%, for the value of fading margins still do not meet the standards but can overcome multipath fading problems.*

Keywords— *Microwave, Multipath, Fading, Diversity, Space Diversity, Hybrid Diversity.*

I. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi *wireless* terus mengalami perkembangan yang sangat pesat. Penggunaan teknologi telekomunikasi telah menjadi kebutuhan primer dalam masyarakat saat ini, dapat dilihat dari semakin meningkatnya jumlah pengguna teknologi selular yang ada di masyarakat saat ini. Adanya peningkatan jumlah pengguna selular saat ini tentu harus dimanfaatkan dengan baik oleh operator layanan selular, sehingga dapat meningkatkan kualitas jaringan

yang baik maka diperlukan perangkat telekomunikasi yang memadai. Teknologi yang digunakan dikenal dengan jaringan komunikasi *radio* gelombang mikro yang pada dasarnya sistem ini menggunakan gelombang *microwave* dan *antenna* sebagai alat untuk memancarkan sinyal agar dapat digunakan untuk berkomunikasi. Sistem komunikasi gelombang mikro banyak diimplementasikan sebagai jaringan *backhaul* jaringan selular karena memiliki kelebihan dalam kesederhanaan instalasi dan dapat menjangkau wilayah terpencil yang sulit terjangkau serat optik. Jaringan

backhaul merupakan suatu jaringan *transport radio* akses selular yang menghubungkan *Base Transceiver Station* (BTS) dengan *Base Station Controller* (BSC) [1].

Namun dalam sistem komunikasi radio, pengiriman sinyal sering mengalami gangguan yang berasal dari luar sistem seperti *multipath fading*. *Multipath fading* adalah gangguan yang disebabkan karena adanya lintasan ganda/jamak (*multipath*) akibat sinyal yang dikirimkan dipantulkan oleh benda-benda seperti rumah, gedung, pohon, kendaraan dan benda-benda lain dari pemancar ke penerima [2]. *Fading* dapat menyebabkan penurunan daya sinyal terima pada sisi *receiver* dan kehandalan sistem atau yang biasa disebut *availability* merupakan ukuran kehandalan suatu sistem. Dengan melihat nilai *availability* nya, maka dapat diketahui suatu sistem dalam kondisi yang optimal atau tidak [3]. Terlalu besarnya *loss* yang terjadi bisa mengakibatkan penurunan nilai *availability*, diperlukan adanya optimasi yang dilakukan untuk meningkatkan *availability* sistem komunikasi radio *microwave*. Pada sistem komunikasi gelombang *microwave*, merupakan solusi untuk efisiensi dan fleksibilitas untuk link komunikasi lintas Pulau. Dengan teknik antena *diversity* yang merupakan suatu cara yang digunakan untuk mengoptimalkan jaringan *microwave* dan mengantisipasi terjadinya *loss* yang besar.

Pada penelitian kali ini akan mengembangkan teknik *hybrid diversity*, yang dimana menggabungkan kedua metode teknik *diversity*, yaitu *space diversity* dan *frequency diversity*. Dengan menggunakan teknik *hybrid diversity* dapat mengatasi permasalahan pada link *microwave* seperti *multipath fading* dan *availability*, karena pada teknik *hybrid diversity* dapat menggunakan antena *diversity* dan juga dapat memancarkan dua frekuensi yang berbeda [4]. Diharapkan melalui makalah ini dapat diketahui optimasi yang cocok untuk link *microwave* lintas Pulau. Pada penelitian ini, lokasi *Site real* ditentukan berdasarkan data dari PT. Alita Praya Mitra, dengan menggunakan dua *Site*, yaitu *Site* Tanjung Batu dan *Site* Sungai Prat di daerah Sumatera. Dua *Site* ini berada di dua buah Pulau yang terpisahkan oleh sebuah laut, sehingga tidak mendukung diadakannya komunikasi *wireline*. Oleh karena itu, perlu adanya komunikasi secara *wireless* pada *Site* Tanjung Batu dan *Site* Sungai Prat, link tersebut berjarak 23.85 km, yang akan beroperasi pada frekuensi 7 GHz. Pada perancangan akan dilakukan beberapa simulasi pada Teknik *diversity* yang digunakan, pada Teknik *Space Diversity* akan menggunakan *antenna spacing* 70 λ , 135 λ dan 200 λ . Pada Teknik *Frequency Diversity* akan menggunakan *frequency spacing* 460 MHz, 920 MHz dan 1.380 MHz. Beberapa optimasi tersebut akan dikombinasikan pada Teknik *Hybrid Diversity* dan untuk mengetahui optimasi manakah yang lebih baik untuk menangani *multipath fading* dan mendapatkan *availability* yang baik.

II. METODE PENELITIAN

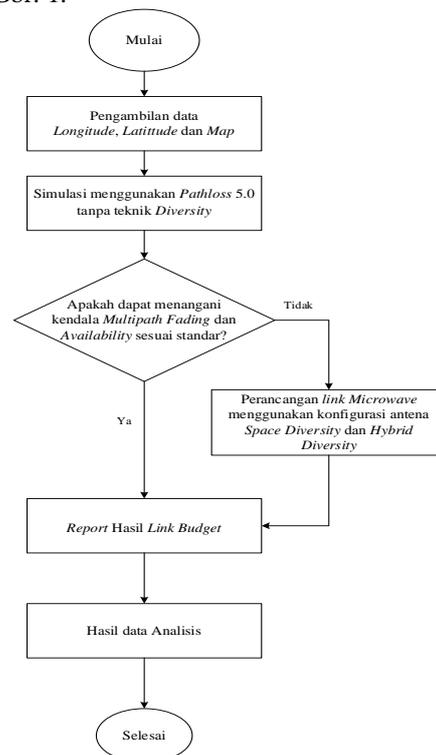
Pada penelitian ini, perancangan jaringan gelombang mikro lintas Pulau, menggunakan aplikasi *Pathloss 5.0*. Dengan jarak antar *Site* 23,85 km, sehingga merupakan jaringan *long haul* yang menggunakan frekuensi kerja pada 7 GHz. Penggunaan frekuensi kerja sesuai dengan teori *long haul*, yaitu frekuensi 7 GHz dapat menjangkau jarak hingga 50 km dan untuk menangani permasalahan *multipath fading*, dengan menggunakan polarisasi *vertical* dan *horizontal*. Data inialisasi ditunjukkan pada Tabel I.

TABEL I
DATA INIHALISASI PERANCANGAN GELOMBANG MIKRO

Parameter	Site Tanjung Batu	Site Sungai Prat
Frekuensi (MHz)	7.500	
Polarisasi	Vertical - Horizontal	

A. Alur Penelitian

Proses perancangan diawali dengan penentuan lokasi *Site* berdasarkan data dari PT. Alita Praya Mitra dan melakukan perancangan jaringan *point-to-point*, bertujuan untuk melihat jalur yang akan digunakan dalam perancangan agar sesuai dengan kondisi *real* di lapangan. Kemudian, dilakukan pengujian rancangan *Hybrid Diversity* dan *Space Diversity* menggunakan aplikasi *Pathloss 5.0*, serta melakukan analisis kehandalan sistem (*Availability*), RSL (*Receive Signal Level*), dan *Fading Margin*. Hasil analisis berdasarkan standar ITU-R. Diagram alur penelitian dapat dilihat pada Gbr. 1.



Gbr. 1 Diagram Alur Penelitian.

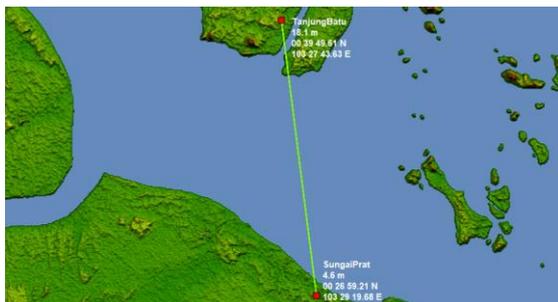
B. Data Lokasi Site

Peta rute dibuat untuk melihat jalur yang akan digunakan dalam perancangan jaringan backhaul sistem transmisi gelombang mikro dan untuk melihat kondisi geografis link tersebut secara umum. Lokasi yang akan disimulasikan berada pada Pulau yang melintas Laut, dengan menggunakan dua Site dengan koordinat terlampir pada Tabel II.

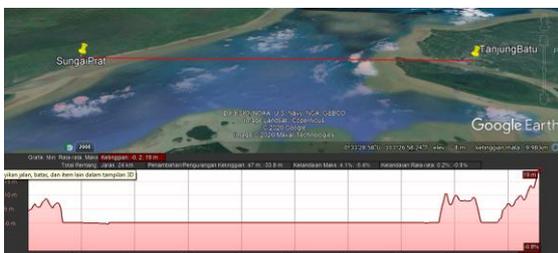
TABEL II
DATA KOORDINAT SITE

Parameter	Site Tanjung Batu	Site Sungai Prat
Latitude	00°39'49,61" N	00°26'59,21" N
Longitude	103°27'43,63" E	103°29'19,68" E
Elevasi	18,1 mdpl	4,6 mdpl
Path Length	23,85 km	

Dengan menggunakan koordinat tersebut berdasarkan peta Google Earth, dapat diketahui kondisi wilayah jaringan gelombang mikro lingkungan Pulau melintas Laut yang direncanakan, yaitu Site Tanjung Batu dan Site Sungai Prat, dengan jarak antar Site 23,85 km. Path profile pada aplikasi Pathloss 5.0 diperlihatkan pada Gbr. 2 dan Elevasi pada link tersebut diperlihatkan pada aplikasi Google Earth pada Gbr. 3.



Gbr. 2 Path Profile Link Tanjung Batu - Sungai Prat.



Gbr. 3 Elevasi Link Tanjung Batu - Sungai Prat.

C. Perancangan Jaringan Microwave

Dalam melakukan perancangan jaringan microwave terdapat beberapa factor yang harus diperhatikan sebelum memulai perancangan.

1) Gain Antenna: Merupakan parameter utama dalam perancangan point to point microwave. Antena pada dasarnya bersifat isotropik, yang merupakan kemampuan antena dalam mengarahkan radiasi sinyal atau penerimaan sinyal dari arah tertentu. Gain

ditunjukkan dalam bentuk decibel (dBi) dan besarnya nilai gain antenna dapat dicari dengan persamaan (1) [5].

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

dengan,

- G = Gain atau penguatan antena (dBi)
- f = Diameter antena (m)
- d = Frekuensi antena (GHz)
- η = Efisiensi antena (50% - 70%)

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan aplikasi Pathloss 5.0, diperoleh hasil pada Tabel III.

TABEL III
DATA GAIN ANTENA

Parameter	Site Tanjung Batu	Site Sungai Prat
Model antena	VHPX6-71W	VHPX6-71W
File name antena	4672	4672
Gain antena (dBi)	40,40	40,40
Diameter antena (m)	1,83	1,83
Tinggi antena (m)	27,07	25,70

2) Effective Isotropic Radiated Power (EIRP): merupakan nilai daya maksimum gelombang sinyal mikro yang keluar dari antena pemancar. EIRP berfungsi untuk menunjukkan nilai efektif daya yang dipancarkan antena pemancar, dalam arti lain daya tersebut sudah mengalami penguatan. Nilai EIRP dapat dihitung dengan persamaan (2) [6].

$$EIRP = P_{tx} + G_{ant} - L_{tx} \quad (2)$$

dengan,

- EIRP = Effective Isotropic Radiated Power (dBm)
- P_{tx} = Daya pancar (dBm)
- G_{ant} = Gain antenna (dBi)
- L_{tx} = Transmitter loss (dB)

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan aplikasi Pathloss 5.0, diperoleh hasil pada Tabel IV.

TABEL IV
DATA EIRP

Parameter	Site Tanjung Batu	Site Sungai Prat
Gain antena (dBi)	40,40	40,40
TX line model	EWP77-71W	EWP77-71W
Tx line unit loss (dB/100m)	6,00	6,00
Tx line length (m)	29,10	27,70
Tx line loss (dB)	1,75	1,66
Connector loss (dB)	0,50	0,50
Circulator branching loss (dB)	3,50	3,50
TX power (dBm)	30,00	30,00
EIRP (dBm)	64,65	64,74

3) *Free Space Loss (FSL)*: merupakan redaman yang terjadi di ruang bebas disepanjang ruang antara antena pemancar dan penerima. Pada ruang disepanjang ruang antena pemancar dan pengirim ini tidak di bolehkan adanya penghalang, karena transmisinya sendiri bersifat *Line of Sight (LOS)*. *Free Space Loss* dipengaruhi oleh jarak dan frekuensi dan nilai *FSL* dapat dihitung dengan persamaan (3) [6].

$$L_{fs} = 92,45 + 20 \log (f_{GHz}) + 20 \log D \quad (3)$$

dengan,

- L_{fs} = *Free Space Loss* (dB)
- f = Frekuensi antena (GHz)
- D = Panjang lintasan (km)

Berdasarkan hasil Pengujian menggunakan aplikasi *Pathloss 5.0* didapatkan nilai *Free Space Loss* seperti pada Tabel V.

TABEL V
DATA FREE SPACE LOSS

Parameter	Site Tanjung Batu	Site Sungai Prat
<i>Free space loss</i>	137,52 dB	
<i>Atmospheric abs loss</i>	0,24 dB	
<i>Net Pathloss</i>	68,36 dB	68,36 dB

4) *Isotropic Received Level (IRL)*: Merupakan level daya *isotropic* yang diterima oleh antena *receiver*, di mana daya tersebut ditangkap langsung dari ruang bebas dan belum melalui rangkaian *decoding*. Sehingga besarnya *IRL* dipengaruhi oleh *EIRP* dan *FSL*. Nilai *IRL* dapat diperoleh dengan persamaan (4) [6].

$$IRL = EIRP - L_{fs} \quad (4)$$

dengan,

- IRL = *Isotropic Received Level* (dBm)
- $EIRP$ = *Effective Isotropic Radiated Power* (dBm)
- L_{fs} = *Free Space Loss* (dB)

Berdasarkan hasil perhitungan untuk nilai *IRL*, dapat dilihat pada Tabel VI.

TABEL VI
DATA INISIALISASI IRL

Parameter	Site Tanjung Batu	Site Sungai Prat
<i>Free space loss (L_{fs})</i>	137,52 dB	
<i>EIRP</i> (dBm)	64,65	64,74
<i>IRL</i> (dBm)	-72,82	

5) *Received Signal Level (RSL)*: merupakan level daya yang diterima oleh penerima atau sudah melewati perangkat *decoding*. Besarnya *RSL* dipengaruhi oleh rugi-rugi pada sisi antena penerima dan *gain* antena penerima. Nilai *RSL* dapat diperoleh dengan persamaan (5) [7].

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

dengan,

- RSL = *Received Signal Level* (dBm)
- IRL = *Isotropic Received Level* (dBm)

- G_{RX} = *Gain Antenna* (dBi)
- L_{RX} = *Receiver Loss* (dB)

Berdasarkan hasil pengujian pada *Pathloss 5.0*, diperoleh data seperti pada Tabel VII.

TABEL VII
NILAI RECEIVE SIGNAL LEVEL

Parameter	Site Tanjung Batu	Site Sungai Prat
<i>Rx threshold criteria</i>	1E-6 BER	1E-6 BER
<i>Rx threshold level</i>	-69,00 dBm	-69,00 dBm
<i>Receive signal</i>	-38,36 dBm	-38,36 dBm

6) *Fading Margin (FM)*: merupakan fluktuasi daya sinyal terima yang diakibatkan karena adanya proses propagasi gelombang mikro yang akan mengakibatkan turunnya daya terima dan menurunnya kualitas transmisi. Untuk mengatasi adanya *fading*, maka diperlukan cadangan daya yang digunakan agar dapat mempertahankan level daya terima di atas level batas ambang (*RX Threshold*). Nilai *fading margin* dapat diperoleh dengan persamaan (6) [8].

$$FM = 30 \log D + 10 \log (a \times b \times 2,5 \times f) - 10 \log (UnAv_{path}) - 60 \quad (6)$$

dengan,

- FM = *Fading Margin* (dB)
- D = Panjang lintasan (km)
- f = Frekuensi (GHz)
- a = Faktor kekasaran bumi
 - $a : 1$ = daerah kekasaran rata-rata, dataran
 - $a : 4$ = daerah halus, laut, danau, dan gurun
 - $a : 1/4$ = pegunungan dan dataran tinggi
- b = Faktor iklim
 - $b : 1/4$ = daerah normal
 - $b : 1/8$ = daerah pegunungan (sangat kering)
 - $b : 1/2$ = daerah panas dan lembab
 - $b : 1$ = kondisi terburuk

- $UnAv_{Path}$ = Ketidakhandalan sistem (*Unavailability*)

Fading Margin dapat juga dihitung menggunakan persamaan (7), apabila nilai *unavailability* belum diketahui [8].

$$FM = RSL - RX_{TH} \quad (7)$$

dengan,

- FM = *Fading margin* (dB)
- RSL = *Received signal Level* (dBm)
- RX_{TH} = *RX threshold level* (dBm)

Berdasarkan hasil pengujian pada *Pathloss 5.0*, diperoleh data *fading margin* seperti pada Tabel VIII.

TABEL VIII
NILAI FADING MARGIN

Parameter	Site Tanjung Batu	Site Sungai Prat
<i>Thermal fade margin</i>	30,64 dB	30,64 dB
<i>Effective fade margin</i>	30,30 dB	30,30 dB
<i>Terrain roughness</i>	6,10 m	6,10 m
<i>C factor</i>	4,00	

7) *Availability dan Unavailability*: *Availability* merupakan ukuran kehandalan sistem, atau disebut juga dengan *reability* yang didefinisikan dengan kemampuan sistem dalam memberikan pelayanan. Secara ideal, semua sistem harus mempunyai nilai *availability* 100%. Namun, keadaan tersebut tidak mungkin terpenuhi karena di dalam suatu sistem pasti terdapat kegagalan sistem dalam memberikan pelayanan yang disebut sebagai *unavailability* atau *outage time* [9]. Nilai *availability* dapat diperoleh dengan persamaan (8) dan nilai *unavailability* dapat diperoleh dengan persamaan (9).

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

$$UnAv_{path} = a \times b \times 2,5 \times f \times D^3 \times 10^{-6} \times 10^{-FM/10} \quad (9)$$

dengan,

- Av_{path} = Kehandalan sistem (%)
- $UnAv_{path}$ = Ketidakehandalan sistem (%)
- a = Faktor kekasaran bumi
- b = Faktor iklim
- f = Frekuensi (GHz)
- D = Panjang lintasan (km)
- FM = *Fading Margin* (dB)

D. Perancangan Space Diversity

Pada sistem ini hanya membutuhkan satu frekuensi kerja, namun pada sisi penerima dan pengirim masing-masing menggunakan dua buah antenna atau lebih. Kedua antenna tersebut terletak pada bidang vertikal secara terpisah, maka disebut sebagai teknik *space diversity* (peragaman spasi/ruang) [10].

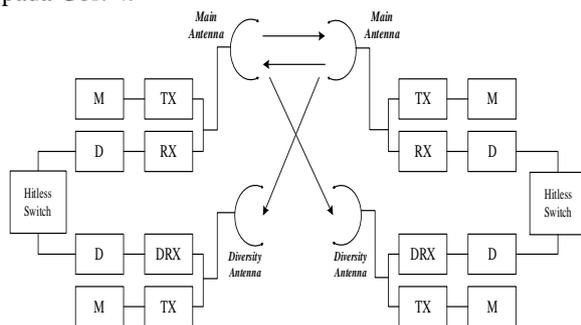
Untuk mendapatkan operasi yang optimal, jarak antara kedua antenna diberi jarak setidaknya antara 70λ - 200λ terhadap antenna utama. Pada sistem *space diversity* memiliki dua polarisasi, secara vertikal pada antenna utama (*main*) dan horizontal pada antenna *diversity* [11]. Untuk menentukan spasi antara antenna utama dan antenna *diversity* dapat menggunakan persamaan (10).

$$\lambda = c / f \quad (10)$$

dengan,

- λ = Panjang gelombang (m)
- c = Kecepatan rambat cahaya ($3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$)
- f = Frekuensi antenna (Hz)

Untuk konfigurasi *space diversity* ditunjukkan pada Gbr. 4.



Gbr. 4 Konfigurasi Space Diversity.

Pada sistem *space diversity*, terdapat dua proses penerimaan sinyal yang diterima yaitu menggunakan *switch* dan *combiner*, tujuan dari menggunakan *switch* adalah untuk mendapatkan sinyal yang paling baik pada sisi *power*. Sedangkan tujuan dari penggunaan *combiner* adalah menggabungkan kedua sinyal untuk meminimalkan distorsi sinyal [11]. Teknik *space diversity* digunakan untuk mengatasi *fading*, maka diperoleh faktor perbaikan dengan persamaan (11).

$$I_{SD} = 1,2 \times 10^{-3} \times (f / D) \times s^2 \times 10^{FM-v/10} \quad (11)$$

dengan,

- I_{SD} = Faktor perbaikan *space diversity* (dB)
- f = Frekuensi antenna (Hz)
- D = Panjang lintasan (km)
- s = Spasi antar antenna (m)
- FM = *Fading margin* (dB)
- v = Beda *gain antenna* (dB)

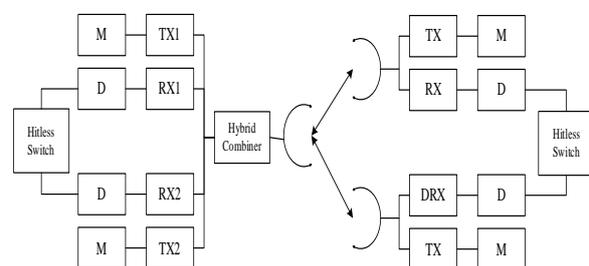
Pada Tabel IX menunjukkan nilai faktor perbaikan *space diversity*, link Tanjung Batu – Sungai Prat.

TABEL IX
DATA FAKTOR PERBAIKAN SPACE DIVERSITY

Parameter	Faktor Perbaikan
Space Diversity 70λ	2,29
Space Diversity 135λ	8,51
Space Diversity 200λ	18,69

E. Perancangan Hybrid Diversity

Pada teknik ini menggabungkan teknik *space diversity* dan *frequency diversity*, yang dimana menggunakan tiga buah antenna. Pada sisi pemancar menggunakan satu buah antenna yang menggunakan teknik *frequency diversity* dan pada sisi penerima menggunakan dua buah antenna dengan teknik *space diversity* [12]. Untuk konfigurasi *hybrid diversity* dapat dilihat pada Gbr. 5.



Gbr. 5 Konfigurasi Hybrid Diversity.

Pada konfigurasi *frequency diversity* menggunakan dua frekuensi gelombang mikro pada satu antenna, informasi secara simultan dikirimkan pemancar yang beroperasi pada frekuensi yang berbeda kemudian diteruskan ke satu antenna pemancar. Pada antenna penerima, informasi dikumpulkan dan dipisahkan mejadi dua sinyal. Perbedaan frekuensi (Δf) antara kedua frekuensi dalam rentan 2% sampai 6%. Untuk menghindari terjadinya interferensi yang besar [6]. Karena pada *hybrid diversity* menggunakan teknik *frequency diversity*, maka terdapat faktor perbaikan

pada sisi *frequency diversity* yang dapat dicari dengan persamaan (12).

$$I_{fd} = 10\log\Delta_f - 20\log f - 10\log D + FM - 0.97 \quad (12)$$

dengan,

- I_{fd} = Faktor perbaikan *frequency diversity* (dB)
- Δ_f = Selisih frekuensi yang digunakan (2% - 6%)
- f = Frekuensi antena (Hz)
- D = Panjang lintasan (km)
- FM = *Fading margin* (dB)

Pada Tabel X menunjukkan nilai faktor perbaikan *frequency diversity*, link Tanjung Batu – Sungai Prat.

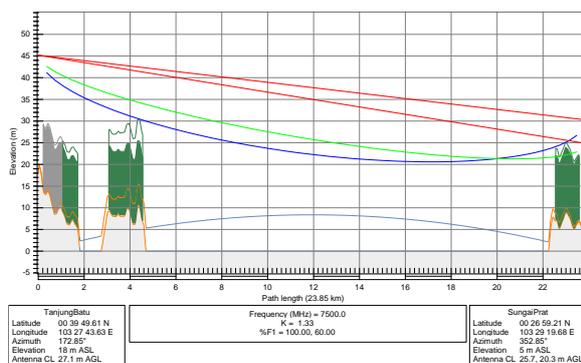
TABEL X
DATA FAKTOR PERBAIKAN *FREQUENCY DIVERSITY*

Parameter	Faktor Perbaikan
<i>Frequency Diversity</i> 150 MHz	5,57
<i>Frequency Diversity</i> 300 MHz	7,58
<i>Frequency Diversity</i> 450 MHz	8,75

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Path Profile

Berdasarkan peta *map info*, dapat diketahui kondisi wilayah tempat perencanaan jaringan *backhaul* sistem transmisi gelombang mikro yang direncanakan, yaitu *Site* Tanjung Batu – *Site* Sungai Prat. Berdasarkan data dilapangan maka dapat dianalisis sebagai berikut:



Gbr. 6 Path profile Site Tanjung Batu - Site Sungai Prat

Berdasarkan Gbr. 6 diatas dapat dilihat path profile *Site* Tanjung Batu – *Site* Sungai Prat dengan jarak 23,85 km. Kondisi *terrain* antar *Site* tersebut dominan dengan lautan, terdapat *obstacle* berupa gedung dan pepohonan pada ketinggian 15 m pada sisi *Site* Tanjung Batu yang memiliki elevasi di 18 mdpl, pada sisi *Site* Sungai Prat terdapat *obstacle* berupa pepohonan pada ketinggian 15 m yang memiliki elevasi di 5 mdpl. Maka dapat diketahui, untuk kondisi *Site* Tanjung Batu berada pada dataran yang lebih tinggi dibandingkan *Site* Sungai Prat.

Untuk mendapatkan optimasi yang maksimum pada konfigurasi antena *hybrid diversity*, maka untuk sisi konfigurasi *frequency diversity* sebagai pemancar pada kondisi elevasi tertinggi, yaitu pada lokasi *Site* Tanjung Batu. Pada lokasi *Site* Sungai Prat akan menggunakan konfigurasi *space diversity* sebagai

penerima. Instalasi antena utama *Site* Tanjung Batu pada ketinggian 27,07 m dan *Site* Sungai Prat pada ketinggian 25,70 m. Dengan nilai faktor kelengkungan bumi (*K factor*) adalah 1,33 dengan nilai dari *Fresnel zone* 1 (F1) pada 100,0 m.

B. Summary Report Space Diversity

Pada konfigurasi *space diversity* dengan menggunakan simulator *pathloss* 5.0, terdapat beberapa optimasi pada spacing antena. Karena pada konfigurasi *space diversity*, spasi antar antena akan mempengaruhi *availability* dari sistem tersebut, optimasi dilakukan pada 70λ dengan spasi antena 2,8 m, 135λ dengan spasi antena 5,4 m dan 200λ dengan spasi antena 8 m. Hasil optimasi *space diversity* dapat dilihat pada Tabel XI.

TABEL XI
DATA OPTIMASI SPACE DIVERSITY

Parameter	Availability (%)	RSL (dBm)	FM (dB)
Tanpa optimasi	99,98293	-38,36	30,30
<i>Space diversity</i> 70λ	99,99611	-38,36	31,09
<i>Space diversity</i> 135λ	99,99896	-38,36	31,09
<i>Space diversity</i> 200λ	99,99952	-38,36	31,09
<i>Hybrid diversity</i> 70λ dan 150 MHz	99,99970	-34,70	33,57
<i>Hybrid diversity</i> 135λ dan 300 MHz	99,99987	-34,54	33,70
<i>Hybrid diversity</i> 200λ dan 450 MHz	99,99992	-34,38	33,83

Berdasarkan hasil optimasi pada *space diversity*, jika dibandingkan dengan tanpa optimasi mengalami perubahan yang signifikan dari segi *availability*. Pada segi RSL (*Receive Signal Level*) dengan optimasi *space diversity* dan tanpa optimasi tidak mengalami perubahan dinilai -38,36 dBm, sedangkan pada segi *fading margin* tanpa optimasi tidak mengalami peningkatan pada nilai 30,30 dB dan mengalami peningkatan dengan optimasi *space diversity* pada nilai 31,09 dB setelah menggunakan konfigurasi *space diversity*. Untuk nilai *availability* sudah memenuhi standar ITU-R G.827 dan F.1703 yaitu sebesar 99,9800% – 99,9966%, dapat diketahui jika semakin jauh spasi antar antena pada optimasi *space diversity* akan mengalami peningkatan yang signifikan pada nilai *availability*. Namun perlu diketahui juga *link* tersebut harus dalam keadaan LOS (*Line Of Sight*), pada konfigurasi *space diversity* dengan spasi 200λ tidak memenuhi syarat LOS, karena terhalang oleh *obstacle* pohon setinggi 15 m pada sisi *Site* Sungai Prat. Maka dapat diketahui jika spasi antar antena yang jauh dapat meningkatkan nilai *availability*, namun dapat menyebabkan *link* tersebut dinyatakan tidak LOS. Untuk konfigurasi *space diversity* 135λ , dengan spasi antena pada 5,4 m dari antena utama, merupakan

konfigurasi paling optimal untuk *link* Tanjung Batu – Sungai Prat dengan nilai *availability* pada 99.99896% dan *unavailability* pada 329.54 *sec/year*.

C. Summary Report Hybrid Diversity

Pada konfigurasi *hybrid diversity* dengan menggunakan simulator *pathloss* 5.0, terdapat optimasi *frequency diversity* dan *space diversity*. Pada *frequency diversity* menggunakan dua frekuensi dengan beberapa optimasi perbedaan frekuensi (Δf) antara kedua frekuensi kerja, frekuensi yang digunakan 7 GHz dengan perbedaan antara 2% - 6% pada 150 MHz, 300 MHz dan 450 MHz. Pada *space diversity* juga menggunakan beberapa optimasi spasi antar antenna pada 70λ , 135λ dan 200λ . Hasil optimasi *hybrid diversity* dapat dilihat pada Tabel XII.

TABEL XII
DATA OPTIMASI HYBRID DIVERSITY

Parameter	Availability (%)	RSL (dBm)	FM (dB)
Tanpa optimasi	99,98293	-38,36	30,30
<i>Space diversity</i> 70λ	99,99611	-38,36	31,09
<i>Space diversity</i> 135λ	99,99896	-38,36	31,09
<i>Space diversity</i> 200λ	99,99952	-38,36	31,09
<i>Hybrid diversity</i> 70λ dan 150 MHz	99,99970	-34,70	33,57
<i>Hybrid diversity</i> 135λ dan 300 MHz	99,99987	-34,54	33,70
<i>Hybrid diversity</i> 200λ dan 450 MHz	99,99992	-34,38	33,83

Berdasarkan hasil konfigurasi menggunakan *hybrid diversity* dengan beberapa optimasi seperti pada Tabel XII, jika dibandingkan dengan konfigurasi *space diversity* dan tanpa optimasi, dari segi RSL (*Receive Signal Level*) mengalami perubahan yang sangat signifikan dari -38,36 dBm menjadi -34,70 dB pada konfigurasi *hybrid diversity* dengan optimasi minimal dan meningkat lagi pada optimasi maksimal pada -34,38 dB. Pada nilai RSL dikatakan baik jika berada di bawah -30 dB, jika berada pada -25 dB dikatakan baik juga namun tidak baik untuk jangka panjang, karena semakin tinggi *receive signal level* akan membuat perangkat mudah panas dan mengalami penurunan dari segi *availability*-nya.

Pada nilai *fading margin* mengalami peningkatan yang sangat signifikan dengan menggunakan beberapa optimasi *hybrid diversity*, dari nilai 33,57 dBm pada optimasi minimal sampai 33,83 dBm pada optimasi maksimal. Pada nilai *availability* juga mengalami peningkatan yang sangat signifikan, dari nilai 99,99970% dengan *unavailability* 94,27 *sec/year* pada optimasi minimal sampai 99,99992% dengan *unavailability* 24,79 *sec/year* pada optimasi maksimal. Nilai *availability* tersebut sudah memenuhi standar ITU-R G.827 dan F.1703, namun pada optimasi

maksimal belum dikatakan baik karena spasi antar antenna pada 8m yang terlalu jauh pada sisi konfigurasi *space diversity* mengalami *link* tersebut tidak dapat dinyatakan LOS (*Line Of Sight*) karena terhalang *obstacle* berupa pohon setinggi 15 m. Maka pada konfigurasi *hybrid diversity* akan menggunakan optimasi 300 MHz (4%) dan 5,4 m (200λ), dengan nilai RSL -34,54 dBm, *fading margin* 33,70 dBm dan *availability* 33,83 dB. Pada nilai *fading margin* masih belum memenuhi standar ITU-R, karena nilai *availability* yang dihasilkan rata-rata pada nilai 99,99% maka menurut standar nilai *fading* berada pada nilai 40 dBm, namun masih dikatakan cukup baik karena berada diatas 30 dBm.

Maka dapat diketahui, konfigurasi *hybrid diversity* dinyatakan lebih baik dibandingkan konfigurasi *space diversity*, dari segi RSL, *fading margin* dan *availability*. Pada konfigurasi ini dapat diketahui juga bahwa konfigurasi *hybrid diversity* dapat lebih baik menangani *multipath fading*, karena menggunakan dua buah frekuensi yang berbeda untuk menambahkan *bandwidth* pada *link* tersebut dan mencegah terjadinya *interference*. Penggunaan dua buah antenna pada konfigurasi *hybrid diversity*, juga dapat mengatasi permasalahan *multipath fading*, karena dapat menerima beberapa sinyal yang tidak terpancarkan langsung atau dipantulkan oleh permukaan bumi dan beberapa *obstacle* (*multipath*). Peningkatan *fading margin* yang cukup baik juga dapat menangani *multipath fading*, karena akan meningkatkan nilai RSL saat terjadi perubahan iklim/suhu/cuaca.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Optimasi maksimal pada setiap konfigurasi, tidak dapat selalu dikatakan baik, karena syarat utama dari sistem komunikasi *microwave* yaitu LOS (*Line On Sight*), dimana jarak pandang antar antenna pemancar dan penerima terbebas dari *obstacle*.
2. Pada nilai *fading margin* dengan menggunakan konfigurasi *hybrid diversity* belum dapat dikatakan baik karena belum memenuhi standar ITU-R pada 40 dBm jika *availability* pada 99,999%, namun tetap dikatakan lebih baik jika dibandingkan konfigurasi *space diversity*.
3. Pada nilai RSL (*Receive Signal Level*) dengan menggunakan konfigurasi *hybrid diversity* dan *space diversity* sudah dapat dikatakan baik, karena berada di bawah -30 dB. Penggunaan spasi frekuensi yang semakin tinggi akan meningkatkan nilai RSL.
4. Nilai *fading margin* yang besar akan berdampak baik pada *link microwave*, karena dapat dengan baik menambahkan daya pada nilai RSL jika mengalami penurunan saat terjadi perubahan iklim/suhu/cuaca. Namun nilai RSL diatas -30 dB dikatakan tidak baik untuk jangka waktu panjang,

karena dapat membuat perangkat mudah panas dan membuat penurunan pada segi *availability*.

12–26, 2017.

5. Pada nilai *availability* dengan menggunakan konfigurasi *hybrid diversity* berada pada nilai 99,99987%, dinyatakan lebih baik jika dibandingkan dengan konfigurasi *space diversity* pada nilai 99,99896%. Maka dapat dikatakan konfigurasi *hybrid diversity* lebih baik dalam permasalahan *multipath fading* antar pulau (melintas laut) karena beberapa parameter seperti *fading margin*, RSL dan *availability* yang mempengaruhi nilai *multipath fading* sudah memenuhi standar ITU-R.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kasih disampaikan kepada keluarga yang selalu mendukung dalam segala hal. Ucapan terimakasih juga untuk dosen pembimbing yang telah membimbing selama penelitian ini dan PT. Alita Praya Mitra yang telah memberi data lokasi *Site real* sehingga penelitian ini dapat terlaksana. Serta skeepada segala pihak yang telah membantu dalam penulisan makalah ini.

REFERENSI

- [1] Z. H. Pradana and A. Wahyudin, "Analisis Optimasi Space Diversity pada Link *Microwave* Menggunakan ITU Models," *Telkom Univ. J. Elektro dan Telekomun. Terap.*, vol. 4, no. 2, pp. 586–592, 2018.
- [2] Faqih, "Konfigurasi Space Diversity Pada Perencanaan Link *Microwave* Siwa – Sulaho," *Univ. Widyagama Malang, Widya Tek.*, vol. 18, no. 2, pp. 29–33, 2010.
- [3] D. B. Liu, E. Wahyudi, and E. S. Nugraha, "Pengaruh Space Diversity Terhadap Peningkatan Availability pada Jaringan *Microwave* Lintas Laut dan Lintas Pegunungan," *Telkom Univ. J. Elektro dan Telekomun. Terap.*, vol. 4, no. 2, pp. 541–550, 2017.
- [4] M. Singla and S. S. Tiwana, "A Review on Hybrid Diversity Techniques over various Fading Channels," *Pujabi Univ. Int. J. Eng. Technol.*, vol. 5, no. 4, pp. 118–120, 2017.
- [5] A. Hikmaturokhman, E. Wahyudi, and H. Sulaiman, "Analisa Pengaruh Interferensi Terhadap Availability pada Jaringan Transmisi *Microwave*," *Univ. Bangka Belitung, J. ECOTIPE*, vol. 1, no. 2, pp. 8–17, 2014.
- [6] A. H. A. Wahyudin, "Perancangan jaringan gelombang mikro menggunakan Pathloss 5: teori dan simulasi," 2018.
- [7] A. Hikmaturokhman, "Diktat Kuliah Gelombang Mikro," *AKATEL Sandhy Putra Purwokerto*, 2007.
- [8] E. Sudarmilah, "Antisipasi Pengaruh Pemudaran Gelombang (Fading) pada Transmisi Gelombang Mikro Digital dengan Space Diversity dan Frequency Diversity," *Univ. Muhammadiyah Surakarta, J. Tek. Elektro Emit.*, vol. 2, no. 2, pp. 69–74, 2002.
- [9] A. Hikmaturokhman, *Klasifikasi Link Microwave*. Purwokerto: Akatel Shandy Putra, 2012.
- [10] R. L. Freeman, *Telecommunication System Engineering Third Edition*. Canada: A John Wiley & Sons, Inc., Publication, 2004.
- [11] H. Lehpamer, *Microwave Transmission Networks: Planning, Design, and Deployment Second Edition*. New York: The McGraw-Hill Companies, 2010.
- [12] C. A. Nwabueze and V. I. Jaja, "Application of Hybrid Diversity Techniques for Improvement of *Microwave* Radio Link Performance in Niger Delta Region," *Chukwuemeka Ojukwu Univ. WJERT*, vol. 3, no. 3, pp.