

Perancangan Link Transmisi Mikrowave Menggunakan Teknik Space Diversity

Yus Natali

Teknik Telekomunikasi
Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Jakarta
Jakarta, Indonesia
yus_nabila@yahoo.com

Anisa Nur Cahyani

Teknik Telekomunikasi
Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Jakarta
Jakarta, Indonesia
anisaence@gmail.com

Abstrak – Penelitian ini akan membahas perancangan link transmisi mikrowave yang melintasi laut dari site Sekotong Barat hingga HUT Senggigi dan menganalisa kualitas link budget yang baik dari hasil perancangan menggunakan teknik space diversity. Space diversity adalah teknik yang menggunakan dua buah antena dalam satu site, satu antena sebagai antena TR (Transmit/Receive) dan satu lagi sebagai antena DR (Diversity Receiving) yang dipasang secara vertikal terpisah dengan jarak yang sudah ditentukan. Space diversity biasanya digunakan untuk mengatasi multipath fading pada sinyal radio mikrowave yang terjadi ketika melintasi lautan dan memiliki jarak lintasan yang jauh. Teknik ini sangat umum digunakan untuk memperbaiki kualitas link budget yang dihasilkan. Metodologi yang digunakan yaitu studi literatur, metode observasi dan metode survey. Parameter yang digunakan yaitu Receive Signal Level (RSL), Fading Margin dan Availability. Perancangan link transmisi yang dilakukan menggunakan software Pathloss 4.0. Hasil dari perancangan ini adalah Receive Signal Level $RSL \geq RX$ Threshold ($-34,68 \text{ dBm} \geq -71,00 \text{ dBm}$), Fading Margin $\geq 30 \text{ dB}$ (Fading Margin = $36,32 \text{ dB}$), Availability $\geq 99,999\%$ (Availability = $99,99915\%$). Maka, dapat disimpulkan bahwa perancangan yang dilakukan sudah memenuhi syarat hasil link budget yang baik dan bisa di implementasikan di lapangan.

Kata kunci : Availability, Fading Margin, Link Budget, Multipath Fading, Receive Signal Level, Space Diversity

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi telekomunikasi yang sangat pesat pada beberapa tahun terakhir ini merupakan akibat dari tingginya kebutuhan manusia untuk melakukan komunikasi secara cepat dan efisien. Oleh karena itu, PT. XL Axiata berencana memperluas jangkauan dan meningkatkan kualitas jaringan di area Pelangan Barat, Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat, mengingat area tersebut memiliki kepadatan trafik yang tinggi dan kebutuhan jaringan telekomunikasi yang besar. Perancangan link transmisi yang akan dibuat bukan hanya pada site yang melintasi daratan, tetapi juga pada site yang melintasi perairan bahkan lautan. Hal ini dikarenakan area tersebut merupakan destinasi wisata yang sebagian besar wilayahnya merupakan lautan. Dengan demikian, diperlukan suatu teknik transmisi yang dapat mendukung komunikasi seluler di

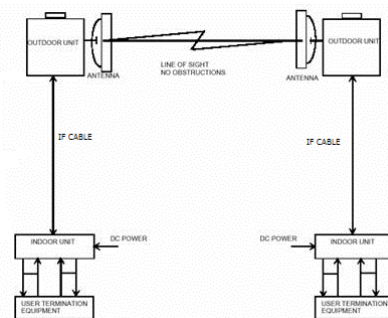
area tersebut dengan kualitas yang baik karena karakteristik propagasi gelombang yang berbeda pada daratan dan lautan.

Perancangan link transmisi ini bertujuan untuk memperhitungkan kualitas link budget yang baik dan sesuai standar pada site Sekotong Barat hingga site HUT Senggigi dengan menggunakan teknik space diversity. Teknik space diversity digunakan untuk mengatasi multipath fading pada link transmisi mikrowave yang akan dibuat. Parameter-parameter link budget yang akan dianalisa yaitu Receive Signal Level (RSL), Fading Margin, dan Availability. Software yang digunakan pada perancangan ini yaitu software Pathloss 4.0. Sebelum melakukan perancangan link transmisi ini, penulis menggunakan beberapa metode yaitu studi literatur, metode observasi, dan metode survey.

II. STUDI LITERATUR

A. Transmisi Radio Mikrowave

Transmisi radio mikrowave merupakan pentransmisi sinyal informasi dari satu tempat ke tempat lain melalui media fisik seperti kabel atau kawat maupun media non-fisik seperti udara bebas. Informasi dapat tersampaikan karena adanya propagasi gelombang elektromagnetik. Dengan beberapa pertimbangan teknis dan ekonomis, untuk komunikasi pentransmisi gelombang dalam jarak jauh akan lebih efisien apabila menggunakan udara bebas sebagai media transmisinya.

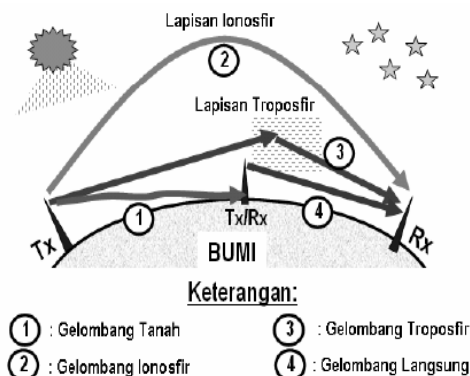


Gambar 1. Transmisi Radio Mikrowave^[1]

B. Propagasi Gelombang Pada Sistem Komunikasi

Propagasi gelombang dapat melalui gelombang tanah, gelombang ionosfir (sky wave), gelombang

troposfir (*space wave*), dan gelombang langsung (*direct wave*).



Gambar 2. Propagasi Pada Sistem Komunikasi^[2]

a) Propagasi Gelombang Tanah (Ground Wave)

Gelombang tanah (gelombang permukaan) adalah gelombang radio yang berpropagasi di sepanjang permukaan bumi atau tanah, merambat sejajar serta tiba di penerima secara langsung tanpa efek pantulan. Propagasi gelombang tanah di atas air terutama air garam (air laut) jauh lebih baik daripada di tanah kering (padang pasir), maka dari itu propagasi gelombang tanah sangat cocok untuk digunakan saat berkomunikasi di dalam laut. Untuk memperkecil redaman laut, digunakanlah band ELF (*Extremely Low Frequency*) yang berfrekuensi antara 30-300 Hz.

b) Propagasi Gelombang Ionosfir (Sky Wave)

Gelombang ionosfir (*sky wave*) adalah gelombang radio yang berpropagasi melalui lapisan ionosfir pada frekuensi tinggi atau daerah HF dalam range 3-30 MHz. Dalam perjalanannya, gelombang bisa melalui beberapa kali pantulan lapisan ionosfir sehingga jangkauannya bisa mencapai antar pulau bahkan antar benua.

c) Propagasi Gelombang Troposfir (Space Wave)

Propagasi troposfir adalah *resultante* antara gelombang langsung dan gelombang pantul yang berpropagasi bukan pada lapisan ionosfir, tetapi pada lapisan troposfir. Batas lapisan troposfir hanya sekitar 6,5 mil atau 11 km dari permukaan bumi. Frekuensi yang digunakan sekitar 35 MHz sampai 10 Ghz dengan jarak jangkau 400 km. Maka dari itu, propagasi gelombang ini sering digunakan untuk komunikasi suara dan data dalam militer dan komersial.

d) Propagasi Gelombang Langsung (Direct Wave)

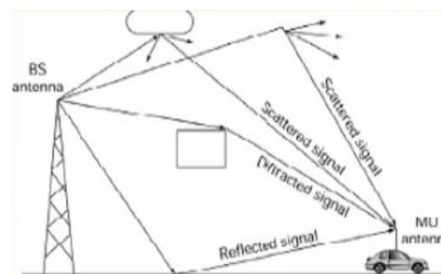


Gambar 3. Propagasi Gelombang Langsung^[3]

Propagasi gelombang radio pada *link* microwave harus memiliki lintasan yang bersifat LOS atau tanpa penghalang. Hal ini bertujuan agar sinyal yang diterima oleh antenna penerima memiliki level daya yang bagus karena tidak terhalang *obstacle*. Jarak jangkauan LOS sangat terbatas, kira-kira 30-50 mil per *link*, tergantung topologi permukaan buminya. *Band* frekuensi yang digunakan pada propagasi ini sangat lebar, yaitu *band* VHF (30-300 MHz), UHF (0,3-3 GHz), SHF (3-30 GHz) dan EHF (30-300 GHz), yang sering dikenal dengan *band* gelombang mikro (*microwave*).

C. Multipath Fading

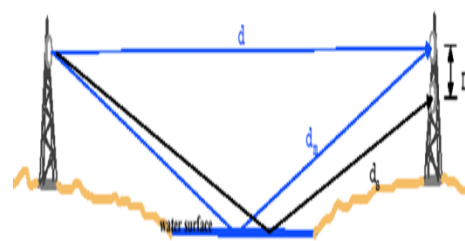
Multipath fading adalah suatu bentuk gangguan atau interferensi sinyal RF yang timbul ketika sinyal memiliki lebih dari satu jalur, sehingga menyebabkan perbedaan amplitudo, fasa dan waktu tunda (*delay*) di penerima. *Multipath fading* sering dijumpai dalam komunikasi jarak jauh yang melewati perairan.



Gambar 4. Multipath Fading^[4]

Untuk mengurangi masalah ini, digunakan beberapa bentuk penganekaragaman atau *diversity reception*. *Diversity* adalah suatu proses memancarkan atau menerima sejumlah gelombang pada saat yang bersamaan dan kemudian menjumlahkan semuanya di penerima atau memilih salah satu yang terbaik. Ada tiga macam *diversity*, yaitu:

a) Diversity Ruang (Space Diversity)



Gambar 5. Diversity Ruang (Space Diversity)^[5]

Space diversity merupakan teknik yang menggunakan dua buah antenna dalam satu *site* yaitu satu antenna sebagai TR (*Transmit/Receive*) dan satu antenna lagi sebagai DR (*Diversity Receiving*). Sinyal yang terbaik akan diolah dan diterima oleh antenna penerima. Menurut Laode Mirwansagala tahun 2012, persamaan yang digunakan untuk mendapatkan jarak kedua antenna (antenna utama dan antenna *diversity*) adalah seperti berikut ini:

$$D_{sep} (m) = \frac{80}{f(\text{GHz})} \quad (1)$$

Sehingga untuk beberapa frekuensi, jarak antenanya adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Jarak Antena Diversity Ruang Berdasarkan Frekuensi

Frekuensi (GHz)	$D_{sep} = 80/f$ (GHz)
7/8	11.4
13	6.2
15	5.3
18	4.4

Sumber: Laode Mirwansagala, 2012.

Dengan digunakannya dua buah antena dalam satu penerima, maka terdapat dua buah sinyal yang diterima. Dalam pemilihan sinyal yang diterima, kedua antena tersebut menggunakan dua metode yaitu *baseband switching* dan *IF combining*.

1) Baseband Switching

Metode baseband switching merupakan metode pemilihan sinyal dari dua buah sinyal yang diterima dengan memilih salah satu sinyal dasar (*baseband signal*) yang lebih baik dari sinyal lainnya setelah melalui proses demodulasi.

2) IF Combining

Metode IF combining merupakan metode pemilihan sinyal dengan menguatkan sinyal setelah kedua sinyal dikombinasikan dan diberikan pembobotan sebelum didemodulasi.

Banyaknya lintasan yang dilalui gelombang mikro dapat membuat sistem mengalami kegagalan atau sering disebut *diversity outage*. Maka dari itu, diperlukan *space diversity improvement factor* untuk memperbaiki sinyal di masing-masing antena penerima.

$$I_{SD} = \frac{7.0 \times 10^{-5} \times f \times s^2 \times 10^{FM/10}}{D} \quad (2)$$

Keterangan:

- I_{SD} = Space Diversity Improvement Factor (dB)
- f = frekuensi kerja (GHz)
- s = jarak antar antena (feet)
- FM = Fading Margin (dB)
- D = jarak antara Tx dan Rx (mil)

b) Diversity Frekuensi (Frequency Diversity)

Diversity frekuensi adalah teknik membedakan frekuensi *carrier* pada saat pengiriman sinyal informasi. Pengirim mengirimkan satu sinyal informasi ke penerima dengan frekuensi *carrier* yang berbeda-beda. Dengan demikian antena penerima menerima beberapa sinyal informasi yang selanjutnya akan diproses dengan melakukan teknik penggabungan untuk mendapatkan estimasi data yang dikirimkan.

c) Diversity Sudut (Angle Diversity)

Diversity sudut adalah teknik mentransmisikan sinyal dengan dua atau lebih sudut yang berbeda pada setiap antena. Hal ini bertujuan agar dapat menghasilkan dua atau lebih lintasan propagasi

gelombang yang memiliki volume hamburan yang berbeda.

D. Perancangan Dan Perencanaan Link Radio Mikrowave

Pada perancangan *link* radio mikrowave, perlu diperhatikan beberapa faktor berikut.

a) Faktor K dan Profil Lintasan

Lintasan propagasi gelombang radio selalu mengalami pembiasan atau pembengkokan karena pengaruh indeks refraksi. Dengan adanya indeks refraksi, maka diperkirakan radius bumi seakan-akan berbeda dengan radius sesungguhnya. Dalam penggambaran radius bumi dibuat radius ekuivalen, dengan tujuan agar lintasan propagasi gelombang radio dapat digambarkan secara lurus. Parameter yang menyatakan perbandingan antara radius bumi ekuivalen dengan bumi sesungguhnya disebut **faktor kelengkungan** atau **faktor K**. Pada kondisi normal, biasanya $K = 4/3$.

$$K = \frac{a_e}{a} \quad (3)$$

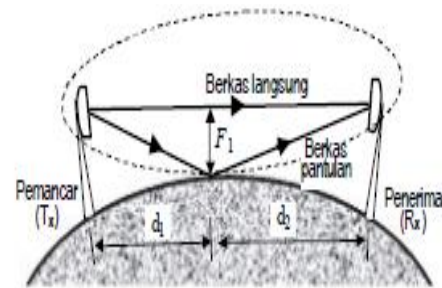
Dimana:

a_e = radius bumi ekuivalen (equivalent earth radius)

a = radius bumi sesungguhnya (actual earth radius)

b) Daerah Fresnel Zone

Daerah *fresnel zone* sebisa mungkin harus bebas dari halangan pandangan (*free of sight obstruction*). Karena bila tidak, akan menambah redaman lintasan. Gambar 2.6 menunjukkan dua lintasan propagasi gelombang dari pemancar (Tx) ke penerima (Rx), yaitu berkas lintasan langsung dan lintasan pantul yang mempunyai radius F_1 (*fresnel zone* pertama) dari garis lintasan langsung.



Gambar 6. Daerah Fresnel Zone^[6]

Berdasarkan gambar 6, F_1 disebut sebagai radius Fresnel Pertama dengan rumus:

$$F_1 = 17,3 \sqrt{\frac{d_1 d_2}{f(d_1 + d_2)}} \quad (4)$$

Dimana:

F_1 = radius (jari-jari) daerah Fresnel pertama (m)

f = frekuensi kerja (GHz)

d_1 = jarak antara Tx dengan *obstacle* (km)

d_2 = jarak antara Rx dengan *obstacle* (km)

d = $d_1 + d_2$ = jarak antara Tx dan Rx (km)

Sedangkan untuk daerah *fresnel* kedua, ketiga, dan seterusnya dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$F_n = 17,3 \sqrt{\frac{n(d_1 d_2)}{f(d_1 + d_2)}} \dots\dots\dots (m)$$

$$n = 1,2,3 \quad (5)$$

c) Koreksi Ketinggian Penghalang

Kadaan LOS, koreksi ketinggian penghalang harus memenuhi kondisi sebagai berikut:

$$clearance = (0,6 F) + h_c \quad (6)$$

$$h_c = \frac{d_1 + d_2}{12,75k} \quad (7)$$

Dimana:

F1 = radius (jari-jari) daerah Fresnel pertama (m)

d1 = jarak *transmitter* ke *obstacle* (km)

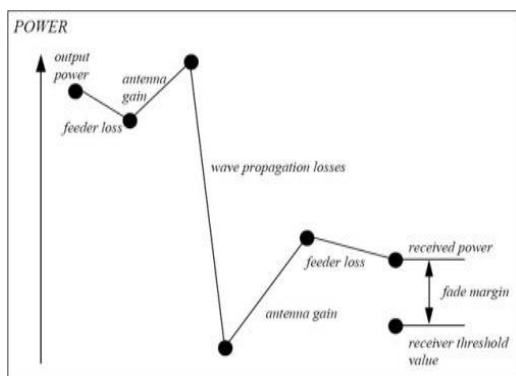
d2 = jarak *obstacle* ke *receiver* (km)

d = d1 + d2 (km)

h_c = koreksi ketinggian *obstacle* terhadap kelengkungan bumi (m)

k = faktor kelengkungan bumi (untuk atmosfer standar nilai k= 4/3= 1,33)

d) Perhitungan Link Budget



Gambar 7. Proses Perhitungan Link Budget^[7]

Perhitungan *link budget* adalah perhitungan level daya yang dilakukan untuk memastikan bahwa level daya penerimaan lebih besar atau sama dengan level daya *threshold* (RSL ≥ RTh). Level daya sinyal yang diterima merupakan akumulasi dari *gain* dan *loss* secara keseluruhan. Sedangkan level daya *threshold* adalah level daya minimum yang diperlukan agar sistem penerima dapat bekerja dengan baik sesuai dengan QoS (*Quality of Service*) yang dipersyaratkan.

e) Parameter Kualitas Link Mikrowave

1) Receive Signal Level (RSL)

Baik buruknya kualitas suatu link radio mirowave dapat diukur dari level sinyal daya yang diterima. Untuk persamaan level sinyal yang diterima dalam LOS radio sistem link budget, yaitu:

$$P_{RX} = P_{TX} - L_{TX} + G_{TX} - FSL + G_{RX} - L_{RX} \quad (8)$$

Keterangan:

P_{RX} = daya yang diterima receiver (dBm)

P_{TX} = daya output transmitter (dBm)

L_{TX} = rugi-rugi tranmitter (coax,connectors) (dB)

G_{TX} = gain antena transmitter (dB)

FSL = free space loss or path loss (dB)

G_{RX} = gain antena receiver (dB)

L_{RX} = rugi-rugi receiver (coax, connectors) (dB)

2) Fading Margin

Fading margin merupakan cadangan level daya minimal yang harus dimiliki oleh penerima untuk mencegah terjadinya penurunan tajam kualitas transmisi pada *link*. *Fading margin* berbanding lurus dengan *reability* atau *availability*. Kaitan antara *fading margin* dengan *reability* ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. Keterkaitan Fading Margin dengan Realibility

Fading Margin	Reliability
10 dB	90%
20 dB	99%
30 dB	99,9%
40 dB	99,99%

3) Availability(Worst Mounth&Annual)

Availability yaitu kemampuan sistem untuk memberikan pelayanan sesuai dengan standar yang diinginkan atau perbandingan *uptime* terhadap *total time*.

Tebel 3. Hubungan Antara Availability dengan Downtime

Availability %	Downtime per year	Downtime per month*	Downtime per week
90% ("one nine")	36.5 days	72 hours	16.8 hours
95%	18.25 days	36 hours	8.4 hours
97%	10.96 days	21.6 hours	5.04 hours
98%	7.30 days	14.4 hours	3.36 hours
99% ("two nines")	3.65 days	7.20 hours	1.68 hours
99.5%	1.83 days	3.60 hours	50.4 minutes
99.8%	17.52 hours	86.23 minutes	20.16 minutes
99.9% ("three nines")	8.76 hours	43.8 minutes	10.1 minutes
99.95%	4.38 hours	21.56 minutes	5.04 minutes
99.99% ("four nines")	52.56 minutes	4.32 minutes	1.01 minutes

99.999% ("five nines")	5.26 minutes	25.9 seconds	6.05 seconds
99.9999% ("six nines")	31.5 seconds	2.59 seconds	0.605 seconds
99.99999% ("seven nines")	3.15 seconds	0.259 seconds	0.0605 seconds

4) Free Space Loss

Dalam komunikasi mikrowave secara LOS, terjadi rugi-rugi energi yang dialami gelombang elektromagnetik ketika propagasi melewati udara, atau disebut dengan *Free Space Loss* (FSL). Berikut adalah beberapa variasi rumus pengukuran FSL:

$$FSL (dB) = 20 \times \log[4 \times \pi \times \frac{jarak}{\lambda}] \quad (9)$$

$$FSL (d = 32,45 + 20 * \log[distance(km)]) + 20 * \log[f(MHz)] \quad (10)$$

5) Gain AntenF(MHza Penerima

Dalam transmisi gelombang mikro, dibutuhkan perangkat antena untuk memperkuat level daya pengirim dan penerimaan sinyal. Antena yang digunakan adalah antena berbentuk parabola yang memiliki penguatan atau gain. Gain berbanding lurus dengan ukuran diameternya, sesuai dengan persamaan berikut ini:

$$G_a = 10 \log \left[\frac{(\pi d)^2 p}{\lambda} \right] dB \quad (11)$$

Dimana:

- d = diameter antena
- p = efisiensi antena dalam presentase (antara 0,6 - 0,8)
- λ = panjang gelombang (m)

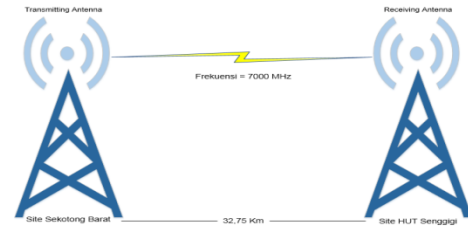
E. Aplikasi Pathloss 4.0

Pathloss 4.0 merupakan aplikasi yang digunakan untuk melakukan *Radio Frequency (RF) planning*, yang sangat berguna untuk pra *survey* penempatan antena. Dengan kata lain *software Pathloss 4.0* merupakan modal utama dalam analisa dan desain *link budget* pada sistem telekomunikasi. Aplikasi ini memiliki beberapa fitur utama yaitu:

1. Membuat *link profile* (*terrain* data didapat dari peta digital, *.txt, manual)
2. Kalkulasi performa *link*
3. Analisa *reflection* dan *mutipath*
4. Optimasi ketinggian antena
5. Administrasi peta digital dalam format raster
6. Administrasi geo-referentiated orthophotos
7. Analisa interferensi
8. *Impor* atau *expor* data melalui format *text*

III. TAHAP PERANCANGAN LINK TRANSMISI MIKROWAVE

A. Topologi Link Transmisi



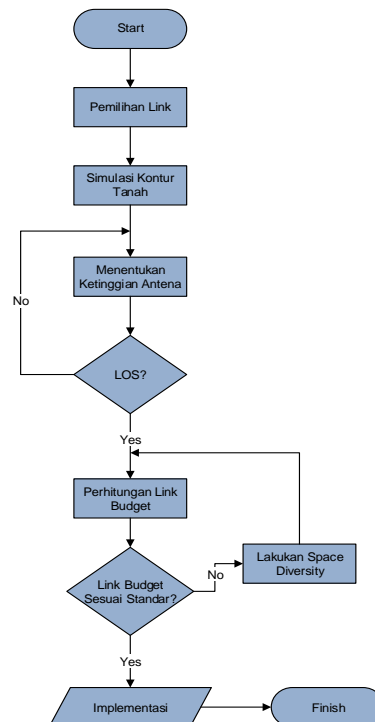
Gambar 8. Topologi Link Transmisi

Pada perancangan ini, penulis akan membuat *link* transmisi yang berjarak 32,75 km pada *site* Sekotong Barat sampai *site* HUT Senggigi yang berada di Pelangan Barat, Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat menggunakan aplikasi *Pathloss 4.0*. Titik koordinasi kedua *site* didapat dari PT.XL Axiata sebagai bahan dasar perancangan jaringan transmisi kedua *site* tersebut.

Tabel 4. Titik Koordinat Site Sekotong Barat dan HUT Senggigi

Coord. \ Site	Sekotong Barat	HUT Senggigi
Latitude	08 46 51.70 S	08 30 57.30 S
Longitude	115 55 47.00 E	116 03 43.90 E

B. Diagram Alir



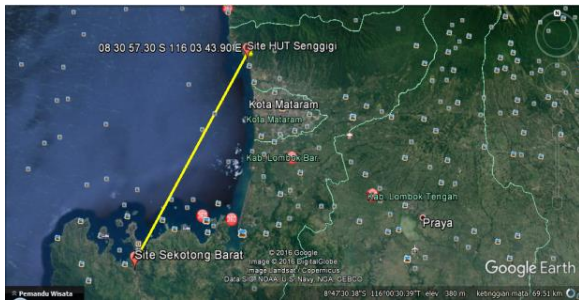
Gambar 9. Diagram Alir

Gambar 9 merupakan diagram alir proses perancangan *link* transmisi yang akan dilakukan, mulai

dari pemilihan *link*, membuat simulasi kontur tanah, menentukan ketinggian antenna, menghitung *link budget*, hingga menentukan apakah perancangan *link* yang dibuat layak dan memenuhi standar untuk diimplementasi di lapangan.

Langkah Perancangan Link Transmisi

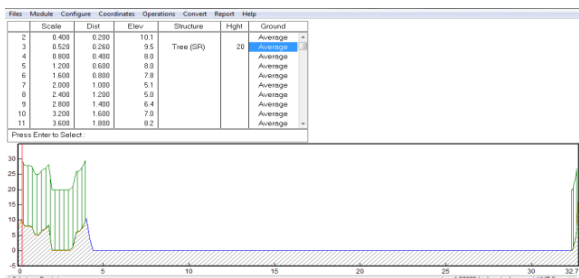
a) Pemilihan Link



Gambar 10. Lokasi Site Sekotong Barat-HUT Senggigi

Berdasarkan Gambar 10 terlihat jalur propagasi mikrowave kedua *site* ini adalah jalur yang cukup jauh dan melewati lautan, yang biasanya akan terjadi *fading*. Untuk mengatasi hal tersebut, maka dipilihlah teknik *space diversity* agar *receive signal level* yang diterima dan kualitas *link*nya bagus.

b) Simulasi Kontur Tanah

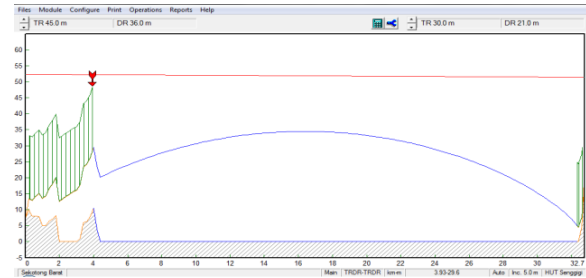


Gambar 11. Kontur Tanah Sepanjang Lintasan

Gambar 11 merupakan gambaran permukaan bumi atau kontur tanah yang dilewati propagasi gelombang *link* Sekotong Barat-HUT Senggigi. Untuk mendapatkan titik LOS yang baik, *obstacle* diatur dengan ketinggian 20 m dalam bentuk pohon sesuai dengan kontur tanah sepanjang batas daratan *site* tersebut tanpa melewati batas lautan.

c) Menentukan Ketinggian Antena

Antena yang dipakai adalah *space diversity*, maka konfigurasi antenna yaitu TRDR-TRDR. TR(*Transmit/Receive Antenna*) adalah antenna utama yang digunakan dalam transmisi sinyal mikrowave, sedangkan DR (*Diversity Receiving Antenna*) adalah antenna untuk menangkap sinyal ketika *fading* dan sebagai antenna pendukung ketika antenna TR sedang *down* pada sisi *near end*.



Gambar 12. Menentukan Ketinggian Antena

Berdasarkan gambar 3.5, garis merah menunjukkan *link* yang akan dibuat pada Sekotong Barat dengan ketinggian antenna TR 45 meter dan antenna DR 36 meter di atas permukaan tanah. Lalu pada sisi HUT Senggigi ketinggian antenna TR 30 meter dan antenna DR 21 meter di atas permukaan tanah. Dilihat dari gambar 3.5 ketinggian antenna di kedua *site* telah memenuhi syarat *line of sight*.

d) Perhitungan Link Budget

1) Pemilihan Antena

Berdasarkan Gambar 13, diameter yang digunakan di kedua *site* adalah 1,8 meter. Pemilihan antenna ini berdasarkan jarak dan frekuensi suatu *link*. Semakin jauh lintasan, maka frekuensi yang digunakan semakin rendah dan diameter antenna semakin besar

Description	Antenna model	Gain (dB)	Code	BW	Antenna diameter (m)	Pst loss (dB)	Req Ls (m)
1 RTN 11GHz 0.6 HP Dual Pol	RTN 11G 0.6 HP Dual	34.10	A11030HA	3.30	0.60	1.00	1070
2 RTN 11GHz 1.2 HP Dual Pol	RTN 11G 1.2 HP Dual	40.00	A11012HA	1.50	1.20	1.00	1070
3 RTN 11GHz 1.8 HP Dual Pol	RTN 11G 1.8 HP Dual	43.40	A11018HA	1.10	1.80	1.00	1070
4 RTN 15GHz 0.3 HP Single Pol	RTN 15 0.3 HP SGL	32.10	A15003HA	4.30	0.30	1.00	1440
5 RTN 15GHz 0.6 HP Dual Pol	RTN 15G 0.6 HP Dual	36.40	A15006HA	2.50	0.60	1.00	1440
6 RTN 15GHz 0.9 HP Single Pol	RTN 15G 0.9 HP SGL	36.80	A15009HA	2.90	0.60	1.00	1440
7 RTN 23GHz 0.3 HP Single Pol	RTN 23G 0.3 HP SGL	35.30	A23003HA	3.00	0.30	1.00	2120
8 RTN 23GHz 0.6 HP Dual Pol	RTN 23G 0.6 HP Dual	39.90	A23006HA	1.70	0.60	1.00	2120
9 RTN 23GHz 0.9 HP Single Pol	RTN 23G 0.9 HP SGL	40.50	A23009HA	1.70	0.60	1.00	2120
10 RTN 78GHz 0.6 HP Dual Pol	RTN 78G 0.6 HP Dual	30.70	A07806HA	4.70	0.60	1.00	712
11 RTN 78GHz 0.6 HP Single Pol	RTN 78G 0.6 HP SGL	31.10	A07806HA	4.70	0.60	1.00	712
12 RTN 78GHz 1.2 HP Dual Pol	RTN 78G 1.2 HP Dual	36.90	A07812HA	2.20	1.20	1.00	712
13 RTN 78GHz 1.2 HP Single Pol	RTN 78G 1.2 HP SGL	37.30	A07812HA	2.20	1.20	1.00	712
14 RTN 78GHz 1.8 HP Dual Pol	RTN 78G 1.8 HP Dual	40.40	A07818HA	1.50	1.80	1.00	712
15 RTN 78GHz 1.8 HP Single Pol	RTN 78G 1.8 HP SGL	40.80	A07818HA	1.50	1.80	1.00	712
16 RTN 23GHz 1.2 HP Dual Pol	RTN 23G 1.2 HP Dual	46.10	A23012HA	0.80	1.20	1.00	2120
17 RTN 15GHz 1.2 HP Dual Pol	RTN 15G 1.2 HP Dual	42.50	A15012HA	1.20	1.20	1.00	1440
18 RTN 13GHz 0.6 HP Dual Pol	RTN 13G 0.6 HP Dual	35.60	A13006HA	2.70	0.60	1.00	1275
19 RTN 13GHz 1.2 HP Dual Pol	RTN 13G 1.2 HP Dual	41.60	A13012HA	1.30	1.20	1.00	1275

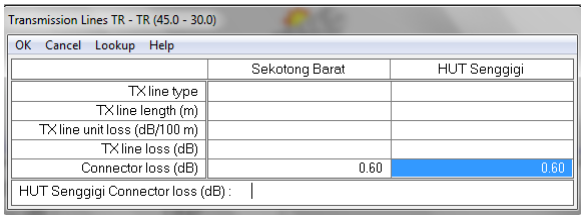
Gambar 13. Kotak Dialog Pemilihan Antena

Tabel 5. Pemilihan Diameter Antena Terhadap Frekuensi dan Panjang Lintasan

Frekuensi (GHz)	Jarak (km)	Diameter Antena (m)
23	0 – 1,5	0,3 – 0,6
15	1,5 – 2,5	0,6
7 – 8	>2,5	0,6; 1,2; 1,8; 2,4; 3

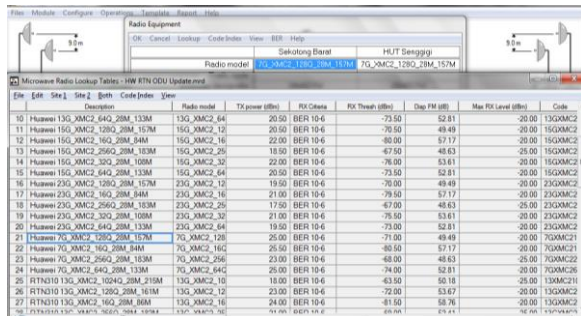
2) Transmission Line

Pada gambar 3.7 *Transmission Line*, diasumsikan *loss connector* sebesar 0,6 dB. *Loss connector* adalah *loss* yang terjadi pada kabel coaxial selama pengiriman sinyal elektrik ke IDU/Mux. Dengan memasukan *loss connector* maka mempengaruhi nilai Rx dan parameter lainnya dalam perhitungan *link budget*.



Gambar 14. Transmission Line

3) Pemilihan Radio

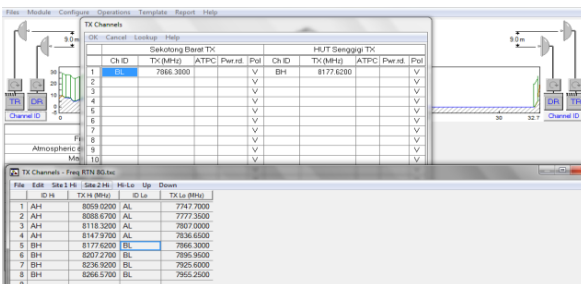


Gambar 15. Kotak Dialog Pemilihan Radio

Berdasarkan gambar 15, jenis radio yang akan digunakan adalah radio RTN Huawei dengan frekuensi 7GHz. Radio dengan frekuensi ini dipilih untuk mengurangi redaman dan memaksimalkan penerimaan sinyal pada jalur propagasi yang jauh.

4) Channel ID

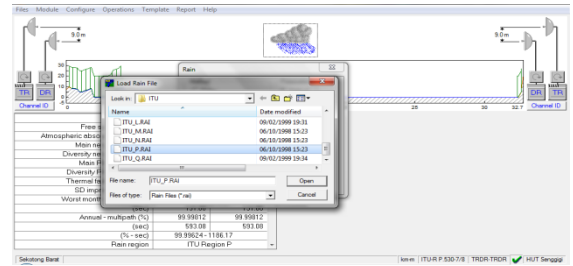
Dalam pemasangannya Channel ID tidak boleh sembarangan karena pemerintah Indonesia sudah membagi-bagi channel frekuensi yang dipakai pada setiap operator agar setiap operator mempunyai channel frekuensi yang berbeda dan menghindari interferensi yang mungkin terjadi. Untuk satu operator membutuhkan minimal lima channel yang berbeda untuk satu frekuensi.



Gambar 16. Daftar Tx Channel

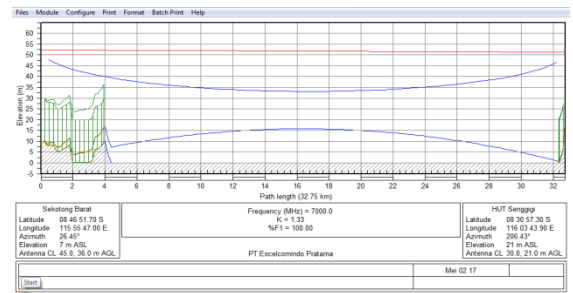
5) Parameter Cuaca

Parameter cuaca yang digunakan adalah ITU_P.RAI yang merupakan kode curah hujan untuk daerah tropis. Berdasarkan ITU-R, Indonesia masuk dalam kategori curah hujan P dengan intensitas hujan tergolong besar. Menurut prosentage of time (%) 0,01 pada golongan P, dan nilai curah hujan golongan P adalah 145 milimeter/jam.



Gambar 17. Pemilihan Tipe Curah Hujan

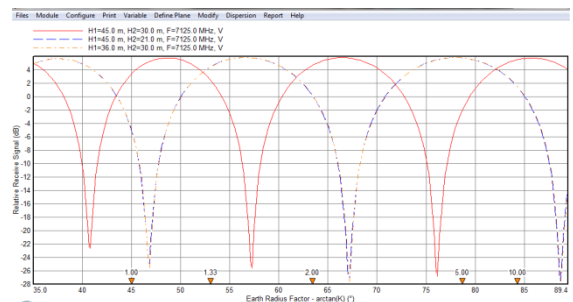
6) Path Profile



Gambar 18. Path Profile

Berdasarkan Gambar 28, keadaan antenna yang diterapkan pada perancangan link Sekotong Barat-HUT Senggigi sudah memenuhi syarat line of sight dan memiliki fresnel zone 60% bebas penghalang.

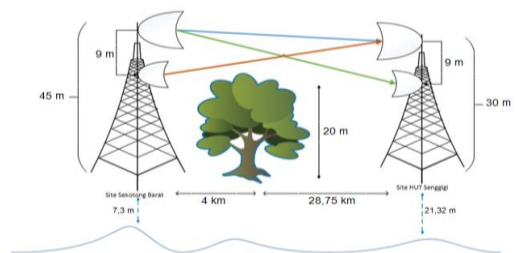
7) Hasil Refleksi



Gambar 19. Hasil Refleksi

Berdasarkan Gambar 19, sumbu vertikal menunjukkan level penerimaan sinyal, sedangkan sumbu horizontal menunjukkan jari-jari kelengkungan bumi. Dapat disimpulkan bahwa sinyal informasi yang di refleksikan dapat di terima oleh Rx dengan baik dan sesuai standar.

8) Konfigurasi Jaringan



Gambar 20. Konfigurasi Jaringan

Berdasarkan Gambar 20, perhitungan kondisi LOS untuk semua antenna adalah sebagai berikut:

Diketahui:

$$\begin{aligned} f \text{ (frekuensi)} &= 7 \text{ GHz} \\ tp \text{ (tinggi penghalang)} &= 36 \text{ m} \\ d1 \text{ (jarak Tx-Obstacle)} &= 4 \text{ km} = 4000 \text{ m} \\ d2 \text{ (jarak Obstacle-Rx)} &= 28,75 \text{ km} = 28750 \text{ m} \\ D \text{ (jarak Tx-Rx)} &= 32,75 \text{ km} = 32750 \text{ m} \end{aligned}$$

Menghitung Fresnel Zone

$$\begin{aligned} F_1 &= 17,3 \sqrt{\frac{d1d2}{f(d1+d2)}} \\ &= 17,3 \sqrt{\frac{4 \times 28,75}{7(4+28,75)}} \\ &= 17,3 \times 0,71 \\ &= 12,29 \text{ meter} \end{aligned}$$

Menghitung Clearance

$$\begin{aligned} C &= 0,6 F_1 + h_c & h_c &= \frac{d1d2}{12,75k} \\ &= (0,6 \times 12,29) + 6,78 & &= \frac{4 \times 28,75}{12,75 \times 1,33} \\ &= 14,16 \text{ meter} & &= \frac{115}{16,96} = 6,78 \text{ m} \end{aligned}$$

IV. HASIL PERANCANGAN JARINGAN

A. Perhitungan Link Budget

Dibawah ini adalah perhitungan *link budget* perancangan *link* transmisi yang akan dibuat.

a) Free Space Loss (FSL)

Diketahui:

$$\begin{aligned} f &= 7000 \text{ MHz} \\ D &= 32,75 \text{ km} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} FSL &= 32,45 + 20 \log D(\text{Km}) + 20 \log F(\text{MHz}) \\ &= 32,45 + 20 \log (32,75) + 20 \log (7000) \\ &= 32,45 + 30,30 + 76,90 \\ &= 139,65 \text{ dB} \end{aligned}$$

b) Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

Diketahui:

$$\begin{aligned} P_{TX} &= 25 \text{ dBm} \\ G_{TX} &= 40,80 \text{ dB} \\ L_{ftx} &= 0,6 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EIRP &= P_{TX} \text{ (dBm)} + G_{TX} \text{ (dB)} - L_{ftx} \text{ (dB)} \\ &= 25 + 40,8 - 0,6 \\ &= 65,2 \text{ dBm} \end{aligned}$$

c) Receive Signal Level (RSL)

Diketahui:

$$\begin{aligned} P_{TX} &= 25 \text{ dBm} & FSL &= 139,65 \text{ dB} \\ L_{TX} &= 0,6 \text{ dB} & G_{RX} &= 37,3 \text{ dB} \\ G_{TX} &= 40,80 \text{ dB} & L_{RX} &= 0,6 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} RSL &= P_{TX} - L_{TX} + G_{TX} - FSL + G_{RX} - L_{RX} \\ &= 25 - 0,6 + 40,8 - 139,65 + 37,3 - 0,6 \\ &= -37,75 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Kualitas *link* transmisi yang baik ditunjukkan dengan nilai RSL yang berada dibawah nilai *maximum* dan diatas nilai *threshold* yaitu antara -23 dBm sampai -71 dBm. Secara umum, besarnya RSL yang baik adalah di atas -40 dBm. Dengan demikian RSL pada perancangan ini sudah dapat dikatakan baik.

d) Fading Margin

Diketahui:

$$\begin{aligned} RSL &= -37,75 \text{ dBm} \\ R_{Th} &= -71,0 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fading Margin} &= RSL - R_{Th} \\ &= -37,75 - (-71,0) \\ &= 33,25 \text{ dB} \end{aligned}$$

Kualitas *link* transmisi yang baik ditunjukkan dengan nilai *margin* >30 dB. *Margin* merupakan selisih antara nilai RSL dengan *threshold*. Dengan demikian, nilai *fading margin* pada perancangan ini sudah dapat dikatakan baik.

B. Keandalan Sistem Menggunakan Teknik Space Diversity

a) Availability Non Space Diversity

Secara ideal, semua sistem harus memiliki *availability* 100% tetapi hal tersebut tidak mungkin dipenuhi karena dalam sistem pasti terdapat ketidakandalan sistem (*unavailability*) yang juga perlu diperhatikan dalam perhitungan. Nilai *Path Unavailability* dapat dihitung dengan rumus:

$$Pr (\%) = 6.10^{-5} \cdot a \cdot b \cdot f \cdot d^3 \cdot 10^{-FM/10} \quad (12)$$

Diketahui:

$$\begin{aligned} f &= 7 \text{ GHz} \\ D &= 32,75 \text{ km} \\ FM &= 33,25 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &\begin{cases} 4 \rightarrow \text{untuk permukaan tanah halus, air} \\ 1 \rightarrow \text{untuk permukaan tanah biasa} \\ \frac{1}{4} \rightarrow \text{untuk pegunungan} \end{cases} \\ b &\begin{cases} \frac{1}{2} \rightarrow \text{untuk iklim panas} \\ \frac{1}{4} \rightarrow \text{untuk iklim subtropis} \\ \frac{1}{8} \rightarrow \text{untuk iklim sangat dingin} \end{cases} \end{aligned}$$

$$Pr (\%) = 6 \times 10^{-5} \times a \times b \times f \times d^3 \times 10^{-FM/10}$$

$$Pr (\%) = 6 \times 10^{-5} \times 4 \times 0,5 \times 7 \times 32,75^3 \times 10^{-33,25/10}$$

$$Pr (\%) = 0,0139608\%$$

Dari nilai *path unavailability*, nilai *availability* dapat ditentukan dengan rumus:

$$AV \text{ prop } (\%) = 100 - Pr (\%) \quad (13)$$

$$AV \text{ prop } (\%) = 100 - 0,0139608$$

$$AV \text{ prop } (\%) = 99,9860392\%$$

b) Space Diversity Improvement Factor

Pada perancangan *link* transmisi ini diperlukan *space diversity improvement factor* yang berguna untuk memperbaiki sinyal di masing-masing antena karena adanya interferensi sinyal. *Space diversity improvement factor* dapat dirumuskan dengan:

$$I_{SD} = \frac{7.0 \times 10^{-5} \times f \times s^2 \times 10^{FM/10}}{D} \quad (14)$$

Diketahui:

$$f = 7 \text{ GHz}$$

$$s = 9 \text{ m} = 29,53 \text{ feet}$$

$$FM = 33,25 \text{ dB}$$

$$d = 32,75 \text{ km} = 20,35 \text{ mil}$$

$$I_{SD} = \frac{(7.0 \times 10^{-5}) \times f \times (s^2) \times (10^{FM/10})}{D}$$

$$I_{SD} = \frac{(7.0 \times 10^{-5}) \times 7 \times (29,53^2) \times (10^{33,25/10})}{20,35}$$

$$I_{SD} = \frac{903,07}{20,35}$$

$$I_{SD} = 44,38 \text{ dB}$$

c) Availability Menggunakan Space Diversity

$$U_{Div} = \frac{\text{Path Unavailability non diversity}}{I_{SD}}$$

$$U_{Div} = \frac{0,0139608}{44,38}$$

$$U_{Div} = 0,000315 \%$$

Maka nilai *availability* untuk perancangan yang menggunakan teknik *space diversity* dapat dihitung dengan rumus:

$$AV \text{ prop } (\%) = 100 - U_{Div} (\%)$$

$$AV \text{ prop } (\%) = 100 - 0,000315$$

$$AV \text{ prop } (\%) = 99,999685\%$$

d) Analisa Perbandingan Space Diversity dan Non-SD

Menurut standar ITU-R F.697-2, suatu *link* dikatakan baik apabila nilai *availability*nya adalah 99,999%. Analisa *availability* dilihat dari *Worst month*

– *multipath, annual – multipath, annual rain, annual multipath + rain.*

Pada kondisi di lapangan, perancangan yang menggunakan teknik *space diversity* memiliki nilai *availability* sebesar 99,99915% (5,26 min/year) sedangkan yang tidak menggunakan teknik SD nilai *availability* sebesar 99,96197% (4,38 hour/year). Itu berarti, kehandalan *link* yang menggunakan teknik SD jauh lebih baik daripada konfigurasi normal. Jika semula *outage time* 4,38 hour/year, setelah menggunakan teknik SD berkurang menjadi 5,26 min/year. Itu artinya, teknik SD lebih efisien mengatasi kegagalan sistem sebesar 4,3 hour/year dan nilai *availability* meningkat 0,039%.

	Sekotong Barat 2665	HUT Senggigi 2602
Elevation (m)	7.30	21.32
Latitude	08 46 51.70 S	08 30 57.30 S
Longitude	115 55 47.00 E	116 03 43.90 E
True azimuth (*)	26.45	206.43
Vertical angle (*)	-0.11	-0.11
Antenna model	RTN 7/8G 1.8 HP SGL	RTN 7/8G 1.8 HP SGL
Antenna height (m)	45.00	30.00
Antenna gain (dBi)	40.80	40.80
Connector loss (dB)	0.60	0.60
Circ. branching loss (dB)	0.00	0.00
Antenna model	RTN 7/8G 1.2 HP SGL	RTN 7/8G 1.2 HP SGL
Antenna height (m)	36.00	21.00
Antenna gain (dBi)	37.30	37.30
Connector loss (dB)	0.60	0.60
Frequency (MHz)	7000.00	7000.00
Polarization	Vertical	Vertical
Path length (km)	32.75	32.75
Free space loss (dB)	139.67	139.67
Atmospheric absorption loss (dB)	0.41	0.41
Main net path loss (dB)	59.68	59.68
Diversity net path loss (dB)	63.18	63.18
Radio model	7G_XMC2_128Q_28M_157M	7G_XMC2_128Q_28M_157M
TX power (watts)	0.32	0.32
TX power (dBm)	25.00	25.00
EIRP (dBm)	65.20	65.20
Emission designator	28M0D7W	28M0D7W
TX Channels	7866.3000V	8177.6200V
RX threshold criteria	BER 10-6	BER 10-6
RX threshold level (dBm)	-71.00	-71.00
Maximum receive signal (dBm)	-20.00	-20.00
Main RX signal (dBm)	-34.68	-34.68
Diversity RX signal (dBm)	-38.18	-38.18
Thermal fade margin (dB)	36.32	36.32
Dispersive fade margin (dB)	49.49	49.49
Dispersive fade occurrence factor	3.00	3.00
Effective fade margin (dB)	35.74	35.74
Geoclimatic factor	1.23E-04	1.23E-04
Path inclination (m)	0.03	0.03
Fade occurrence factor (Po)	1.90E+00	1.90E+00
Average annual temperature (°C)	25.00	25.00
SD improvement factor	44.73	44.73
Worst month - multipath (%)	99.99887	99.99887
(sec)	29.79	29.79
Annual - multipath (%)	99.99957	99.99957
(sec)	134.07	134.07
(% - sec)	99.99915 - 268.14	99.99915 - 268.14
Rain region	ITU Region P	ITU Region P
0.01% rain rate (mm/hr)	145.00	145.00
Flat fade margin - rain (dB)	36.32	36.32
Rain rate (mm/hr)	319.13	319.13
Rain attenuation (dB)	36.32	36.32
Annual rain (%-sec)	99.99978 - 69.04	99.99978 - 69.04
Annual multipath + rain (%-sec)	99.99893 - 337.18	99.99893 - 337.18

Minggu, Jun 04 2017
Link Sekotong Barat-HUT Senggigi.pl4
Reliability Method - ITU-R P.530-7/8
Space Diversity Method Alcatel - Richardson Baseband Switching
Rain - ITU-R P530-7

Gambar 21. Full Report Perancangan Menggunakan Teknik Space Diversity

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari pembahasan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai *receive signal level* (RSL) dari perancangan yang dilakukan sebesar -34,68 dBm, yang berarti sudah memenuhi standar

RSL yang baik (RSL yang baik antara -23 dBm sampai dengan -71 dBm).

2. Nilai *fading margin* dari perancangan yang dilakukan sebesar 36,32 dB, yang berarti sudah memenuhi standar *fading margin* yang baik (*fading margin* >30 dB).
3. Dengan digunakannya teknik *space diversity*, nilai *availability* meningkat sebesar 0,039% dan nilai *outage time* atau kegagalan sistem berkurang sebesar 4,3 hour/year. Itu artinya, teknik *space diversity* dapat meningkatkan kehandalan suatu sistem dan mengurangi nilai probabilitas kegagalannya.
4. Adanya perbedaan perhitungan secara manual dan software antara lain dikarenakan adanya pembulatan nilai dan kondisi yang dianggap ideal.
5. Secara keseluruhan, perancangan link transmisi mikrowave yang menggunakan teknik *space diversity* ini sudah memenuhi standar dan dapat di implementasikan pada area Pelangan Barat, Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat.

B. Saran

Untuk penelitian selanjutnya dapat, diharapkan bisa lebih luas lagi men-*explore* teknik yang banyak digunakan untuk mengatasi masalah *multipath fading* seperti teknik MIMO antena.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Megawati. Perancangan Link Transmisi Mikrowave Site Panggarangan – Muara Binuangeun. Laporan Kerja Praktek, Jurusan Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Depok, 2013.
- [2] Ira Rubiyanti. Propagasi Gelombang Radio. Diakses dari <http://irarubiyanti.blogspot.co.id/2010/08/prak-kbm-instalasi.html>, 1 Maret 2017.
- [3] Dessy Adi Nugraha. Analisis Kualitas RX Level Antena Mikrowave 8 Ghz Pada Konfigurasi Space Diversity. Skripsi, Jurusan Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta, 2013.
- [4] Farhad Mahmood. Mobile Radio Propagation Prediction for Two Different Districts in Mosul-City. Diakses dari <https://www.intechopen.com/books/matlab-a-fundamental-tool-for-scientific-computing-and-engineering-applications-volume-2/mobile-radio-propagation-prediction-for-two-different-districts-in-mosul-city>, 10 Maret 2017.
- [5] Vigants, A. "Space-Diversity Engineering". American Telephone and Telegraph Company The Bell System Technical, 54:1, 2012.
- [6] Circuit Design, Inc. Electric Field Intensity At Receiving Point Fresnel Zone and Height Pattern. Diakses dari <http://www.cdt21.com/resources/pdf/article6.asp>, 17 Maret 2017.
- [7] Yus Natali. Perencanaan Sel di Jaringan GSM. Dikta, Jurusan Teknik Telekomunikasi, Jakarta, 2014.
- [8] Freeman L. Roger. Radio System Design For Telecommunications. John Wiley & Sons Inc, New York, 2007.
- [9] Lehpamer Harvey. Transmission System Design Handbook for Wireless Network. Artech House, London, 2002.
- [10] Seybold S. John. Introduction to RF Propagation. John Wiley & Sons Inc, New York, 2005.
- [11] Darmawan Setiabudi. Perencanaan Link Transmisi Radio Paket Mikrowave Perangkat CERAGON FibeAir 1528hp untuk PT Telkom, Tbk Area Riau Daratan dan Riau Kepulauan. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro dan Komunikasi, Institut Teknologi Telkom, Bandung, 2011.
- [12] Laode Mirwangsagala. Space Diversity Calculation Antenna Separation. Diakses dari <http://lmirwangsagala-laodemirwangsagala.blogspot.co.id/2012/01/5-space-diversity-calculation.html>, 1 April 2017.
- [13] Yudha Baskoro Hariatmodjo. Perencanaan Pembangunan Link Radio Mikrowave H3I (Three) Menggunakan Aplikasi Pathloss 4.0. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Telekomunikasi, Akademi Teknik Telekomunikasi, Jakarta, 2016.
- [14] Rec. ITU-R P.530-9. 2001. Propagation Data and Prediction Methods Required for The Design of Terrestrial Line-of-Sight Systems. Recommendation ITU-R P.530-9.
- [15] Rec. ITU-R F.697-2. 1997. Error Performance and Availability Objectives for The Local-Grade Portion at Each End of an Integrated Services Digital Network Connection at a Bit Rate Below The Primary Rate Utilizing Digital Radio-Relay Systems. Recommendation ITU-R F.697-2.
- [16] Tri Wijayanti. Analisa Transmisi Microwave Untuk Instalasi Site Jl. Inpres 2MD To KedaungMD Dengan Software Pathloss 4.0. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Jakarta, 2009.
- [17] Niko Permana RW. Perencanaan Link Transmisi Microwave Untuk Jalur Komunikasi Dari BTS Ke BSC Hingga MSC. Laporan Kerja Praktek, Jurusan Teknik Telekomunikasi, Fakultas Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2010.