

BAB 2 LANDASAN TEORI

2.1 Studi Literatur

- A. Penelitian ini dilakukan oleh Andri dengan judul Perencanaan Jaringan Komunikasi *Backbone* antara Bangka dan Belitung Menggunakan Radio *Microwave* SDH. Permasalahannya pada penelitian ini adalah Karena permintaan telekomunikasi pada area tersebut sangat tinggi maka diperlukan suatu sistem komunikasi yang dapat melewati perairan. Sistem komunikasi yang dipilih adalah menggunakan sistem komunikasi radio gelombang *microwave* dengan media transmisi udara. Pada perancangannya pada Pulau Bangka – Pulau Belitung menggunakan 3 *hop* yaitu Simpang Lubuk – Pulau Pongok menggunakan teknik *diversity*, Pulau Pongok – Pulau Nasik menggunakan teknik *diversity*, dan Pulau Nasik – Pulau Pandan menggunakan teknik *diversity*.
- B. Penelitian ini dilakukan oleh Nurwendah Puspita dengan judul Perencanaan Jaringan Komunikasi Antara Patani Dan Sorong Menggunakan Radio *Microwave*. Permasalahannya pada penelitian ini adalah Patani dan Sorong merupakan pulau yang terletak di bagian Utara Pulau Maluku dan Barat Pulau Papua. Kedua pulau tersebut dipisahkan oleh selat. Karena kebutuhan telekomunikasi pada area tersebut sangat tinggi maka diperlukan suatu sistem komunikasi yang dapat melewati perairan. Sistem komunikasi yang dipilih adalah menggunakan sistem komunikasi radio gelombang *microwave* dengan media transmisi udara. Sistem komunikasi radio gelombang *microwave* dipilih karena dapat melayani beberapa ribu saluran suara (*voice*) dengan tingkat kehandalan yang cukup tinggi serta jarak tempuh yang lebih efisien karena melewati media transmisi udara. Pada perancangannya untuk mengcover wilayah Patani – Sorong dibutuhkan 4 *hop* yaitu Patani – Pulau Gabe menggunakan teknik *diversity*, Pulau Gabe – Pulau Gag tanpa teknik *diversity*, Pulau Gag – Raja Ampat menggunakan teknik *diversity*, dan Raja Ampat – Sorong menggunakan teknik *diversity*.
- C. Penelitian ini dilakukan oleh Dwi Meitasari dengan judul Perencanaan Jaringan Komunikasi Antara biaro dan Sofifi Menggunakan Radio *Microwave*. Permasalahannya pada penelitian ini adalah semakin meningkatnya kebutuhan komunikasi masyarakat daerah Sofifi sehingga dibutuhkan alternatif jaringan lain selain jaringan VSAT yang dapat menunjang kebutuhan tersebut. Pada perancangan tersebut menggunakan 5 *hop*

yaitu Manado – Minahasa Utara tanpa menggunakan teknik *diversity*, Minahasa Utara – Pulau Lembeh tanpa menggunakan teknik *diversity*, Pulau Lembeh – Pulau Maju menggunakan teknik *diversity*, Pulau Maju – Ternate menggunakan teknik *diversity*, dan Ternate – Sofifi tanpa menggunakan teknik *diversity*.

- D. Penelitian ini dilakukan oleh Dekri Belly Liu, Eka Wahyudi dan Eka Setia Nugraha dengan judul Pengaruh *Space Diversity* Terhadap Peningkatan *Availability* Pada Jaringan *Microwave* Lintas Laut dan Lintas Pegunungan. Permasalahan pada penelitian ini adalah perlunya optimasi yang dilakukan untuk meningkatkan *availability* sistem komunikasi radio *microwave* dan teknik *diversity* merupakan suatu cara yang digunakan untuk mengoptimalkan jaringan *microwave*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan *availability* yang paling signifikan dari beberapa kondisi jaringan, yaitu berlokasi di atas laut dan daerah pegunungan. Jaringan yang berada di Laut menghasilkan peningkatan *availability* yang lebih tinggi dari pada jaringan yang berada di pegunungan. Peningkatan *availability* jaringan di laut yaitu 0,961446%, sedangkan peningkatan *availability* jaringan di pegunungan yaitu 0,060623475%. Hal tersebut dikarenakan pengaruh oleh *terrain roughness*, *climatic factor* dan *C factor*. Nilai *terrain roughness* jaringan laut yaitu 6,10 meter, sedangkan jaringan di pegunungan yaitu 32,10 meter. Kemudian *climatic factor* jaringan laut bernilai 2 sedangkan jaringan pegunungan bernilai 0,25. Semakin kecil nilai *terrain roughness* dan semakin besar nilai *climatic factor* mengakibatkan nilai *C factor* meningkat. Nilai *C factor* jaringan laut yaitu 6,56 sedangkan jaringan di pegunungan yaitu 0,1.
- E. Penelitian ini dilakukan oleh Devi Veronica dengan judul Perencanaan Jaringan Komunikasi antara Kota Bengkulu dan Pulau Enggano Menggunakan Radio *Microwave*. Uraian dari penelitian ini adalah mencari alternatif komunikasi selain VSAT yang dapat memenuhi kebutuhan kapasitas kanal yang tinggi untuk Kota Bengkulu – Pulau Enggano dengan menggunakan teknologi SDH. Pada perencanaan tersebut menggunakan 3 *hop* yaitu hasil penelitian *link* Enggano – Manna menggunakan teknik *diversity*, Manna – Seluma tanpa menggunakan teknik *diversity*, dan Seluma – Bengkulu menggunakan teknik *diversity*.
- F. Penelitian ini dilakukan oleh Yus Natali dan Anisa Nur Cahyani dengan judul Perancangan *Link* Transmisi *Microwave* menggunakan teknik *space diversity*. 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 *microwave* 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 $RSL \geq RX \text{ Threshold}$ ($-34,68 \text{ dBm} \geq -71,00 \text{ dBm}$), *Fading Margin* $\geq 30 \text{ dB}$ (*Fading Margin* = 36,32 dB), *Availability* $\geq 99,999\%$ (*Availability* = 99,99915%).

- G. Penelitian ini dilakukan oleh Anisa Prakastia dengan judul Analisa Perancangan Jaringan Komunikasi Antara Manado – Sangihe Menggunakan Jaringan *Microwave*. Permasalahan pada penelitian ini adalah semakin meningkatnya kebutuhan komunikasi masyarakat daerah Sangihe sehingga dibutuhkan alternatif jaringan komunikasi selain VSAT yang dapat menunjang kebutuhan tersebut. Pada perencanaannya menggunakan 3 hop yaitu Manado – Biaro menggunakan teknik *diversity*, Biaro – Siau menggunakan teknik *diversity* dan Siau – Sangihe menggunakan teknik *diversity*.

2.2 Sistem Komunikasi *Microwave*

Microwave adalah gelombang elektromagnetik yang bersifat tranfersal dengan frekuensi super tinggi (SHF, *Super High Frequency*) diatas 3 GHz dengan panjang gelombang berkisar antara 0,3 – 300 cm. Sistem transmisi *microwave* terdiri dari dua macam, yaitu sistem transmisi gelombang mikro analog dan sistem transmisi gelombang mikro digital.

Perkembangan transmisi dengan menggunakan *microwave* sangat besar, dimana komunikasi dengan *microwave* dapat membawa kapasitas *channel* sehingga dipakai sebagai alternatif dalam pemasangan radio *link*. Sistem komunikasi dengan *microwave* beroperasi dengan modulasi QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*). Unjuk kerja dari komunikasi digital ini diukur dalam BER (*Bit Error Rate*). Level daya ambang batas untuk peralatan

transceiver sering didefinisikan dimana BER (*Bit Error Rate*) mencapai 10^{-6} walaupun nilai BER yang lain dapat diterima. Nilai tersebut menjadi parameter peralatan *receiver*.

2.3 Propagasi Gelombang

Propagasi adalah rambatan gelombang *microwave* melalui udara dari antenna pemancar ke antenna penerima yang jaraknya bisa mencapai ribuan kilometer. Media perambatan atau biasa juga disebut saluran transmisi gelombang dapat berupa fisik yaitu sepasang kawat konduktor, kabel koaksial dan berupa non fisik yaitu gelombang radio atau sinar laser. Propagasi gelombang radio merupakan sesuatu yang sangat penting untuk mengetahui dan mengerti rintangan dan gangguan dalam lingkungan radio bergerak. Pengetahuan terhadap propagasi gelombang radio juga sangat penting dalam perencanaan dan pengoperasian komunikasi dengan gelombang radio agar komunikasi dapat berjalan dengan lancar.

Gelombang radio dari pemancar merambat menurut arah garis lurus. Tetapi karena sifat pemancaran, gelombang-gelombang dari pemancar merambat secara tersebar, sehingga jika udara/angkasa dianggap homogen, pancaran akan tersebar dimana muka-muka gelombang sebagai tempat kedudukan medan-medan dengan fasa yang sama akan terbentuk bola-bola yang konsentris dengan pemancar sebagai titik pusatnya. Ketika daya bergerak menjauhi sumber radiator isotropis, daya rata-rata (P_r) terpancar sama kesemua arah dan akan menyebar dalam bentuk bola, sehingga pada jarak (d), kerapatan daya pada gelombang yang ada adalah daya persatuan luas permukaan gelombang, maka kecepatan daya isotropic dapat dihitung dengan Persamaan 2.1 berikut :

$$P_{Di} = \frac{P_r}{4\lambda.d^2} \text{ w /m}^2 \dots\dots\dots (2.1)^{[2]}$$

dimana :

P_{Di} : kecepatan daya *isotropic*.

P_r : daya rata-rata.

d : jarak.

2.3.1 Koordinat Lokasi

Koordinat lokasi di gunakan untuk menentukan parameter berapa jarak antara dua titik, posisi, azimuth, dan kontur permukaan bumi yang akan di lalui oleh lintasan gelombang radio. Koordinat lokasi diperoleh dengan mennetukan titik pada kontur bumi berupa posisi titik tersebut berada pada garis lintang dan garis bujur.

2.3.2 Path Profile

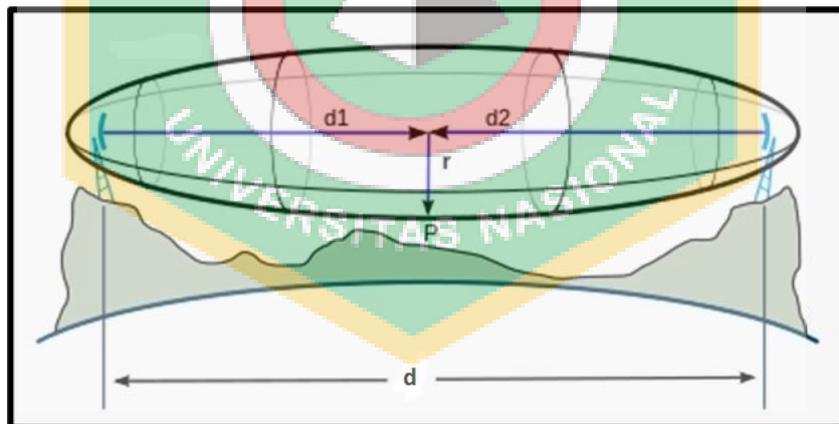
Path profile dengan metode *flat earth code* merupakan alat bantu berupa grafik berskala yang di gunakan untuk menentukan kondisi lintasan memenuhi syarat *LOS* atau tidak *LOS* dengan proyeksi permukaan bumi datar. Parameter yang harus diperhatikan dalam penggambarannya adalah daerah *fresnell*, tinggi *obstacle* pada sepanjang lintasan, koreksi ketinggian *obstacle* pada setiap lintasan, *high clearance* dan jarak.

2.3.3 Daerah Fresnell (*fresnell zone*)

Daerah *fresnell* atau *fresnell zone* merupakan tempat kedudukan titik – titik sinyal tak langsung yang berbentuk ellips pada lintasan radio, dimana gelombang tersebut dibatasi oleh gelombang tak langsung yang memiliki beda Panjang $\frac{1}{2} \lambda$ lintasan dengan sinyal langsung, Bentuk *fresnell zone* dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan perhitungan dapat menggunakan Persamaan 2.2 berikut :

$$F_1 = 17,3 \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_2}{f \cdot d}} \dots\dots\dots (2.2)^{[2]}$$

- dimana :
- f : Frekuensi (GHz).
 - d : Jarak lintasan (Km).
 - d_1 dan d_2 : Jarak (Km) dari terminal ke lintasan *obstacle*.



Gambar 2.1 Fresnell Zone

2.3.4 Koreksi Ketinggian

Koreksi ketinggian di butuhkan karena dalam proses penggambaran terhadap kondisi bumi yang berbentuk bulat , hal ini memberikan pengaruh terhadap tinggi *obstacle* sepanjang lintasan seperti pada Persamaan 2.3 berikut :

$$h_k = \frac{d_1 d_2}{12,75 \times K} \dots\dots\dots (2.3)^{[2]}$$

- dimana :
- h_k : koreksi ketinggian (m) terhadap permukaan laut.
- K : faktor kelengkungan bumi (konstanta).
- d_1 dan d_2 : jarak (Km) dari terminal ke lintasan *obstacle*.

2.3.5 High Clearance

High Clearance adalah jarak antara sumbu utama lintasan gelombang radio dengan puncak penghalang (*obstacle*). Agar syarat LOS (*Line Of Sight*) terpenuhi maka besarnya tinggi *obstacle* harus diperhitungkan pada titik dimana terletak *obstacle* yang tertinggi, maka *high clearance* dapat dihitung dengan Persamaan 2.4 berikut :

$$h_c = \frac{h_1 d_2 + h_2 d_1}{d} - h_k - h_s \dots\dots\dots (2.4)^{[2]}$$

- dimana :
- h_c : ketinggian *obstacle* (m) terhadap permukaan laut.
- h_1 : ketinggian antena 1 (m) terhadap permukaan laut.
- h_2 : ketinggian antena 2 (m) terhadap permukaan laut.
- h_k : koreksi ketinggian (m) terhadap permukaan laut.
- h_s : ketinggian *obstacle* (m) terhadap permukaan laut.
- d_1 dan d_2 : jarak (Km) dari terminal ke lintasan *obstacle*.

2.4 Power Link Budget

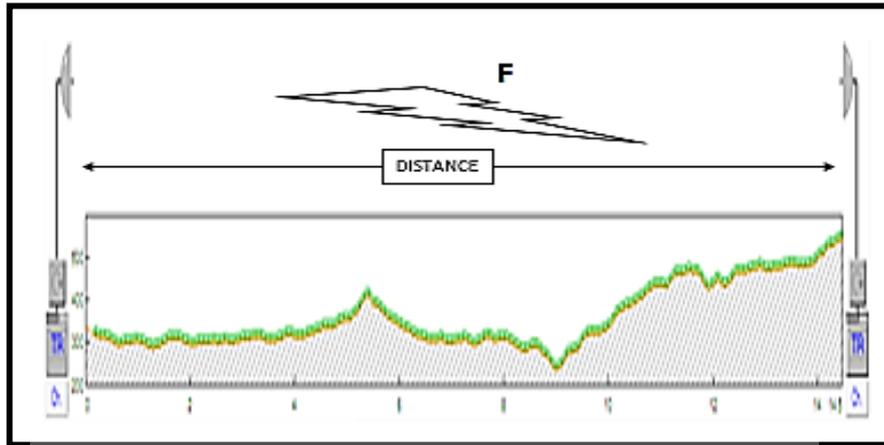
Level daya terima nominal (*receive signal level*) digunakan untuk mengindikasikan berapa daya yang dapat diterima oleh antena penerima. Perhitungan *link budget* tersebut dapat digunakan dengan Persamaan 2.5 berikut:

$$R_{SL} = P_t + G_{Total} - L_{Transmisi} \dots\dots\dots (2.5)^{[2]}$$

- dimana :
- R_{SL} : level daya terima (dBm).
- P_t : daya transmisi (dBm).
- G_{Total} : gain total antena Rx dan Tx (dB).
- $L_{Tranmisi}$: Redaman Transmisi (dB).

2.4.1 Redaman Ruang Bebas

Perambatan gelombang radio di suatu ruang dari suatu tempat ke tempat lain mengalami penyebaran energi di sepanjang lintasannya, sehingga terjadi kehilangan energi yang disebut redaman ruang bebas (*free space loss*). Bentuk propagasi sinyal dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Propagasi Sinyal Secara Umum

Pada Gambar 2.2 terlihat bahwa Perambatan gelombang radio dari pemancar A ke pemancar B dengan jarak d (Km) dan frekuensi f (MHz) akan mengalami redaman ruang bebas (*Free Space Loss*) yang dapat dihitung dengan Persamaan 2.6 berikut :

$$FSL = 32,44 + 20 \text{ Log } f + 20 \text{ Log } d \dots\dots\dots(2.6)^{[2]}$$

dimana :

FSL : redaman ruang bebas (dB).

d : jarak lintasan (Km).

f : frekuensi kerja (MHz).

2.4.2 Redaman Transmisi

Dalam propagasi sinyal akan mengalami degradasi yang disebabkan oleh kondisi atmosfer, permukaan bumi dan juga redaman pada saluran transmisi. Untuk menghitung redaman transmisi dapat menggunakan Persamaan 2.7 berikut :

$$L_{Transmisi} = FSL + L_b + L_f + L_{rain} + L_{atm} + L_o \dots\dots\dots(2.7)^{[2]}$$

dimana :

FSL : redaman ruang bebas / *Free Space Loss* (dB).

L_b : redaman pada saluran percabangan pemancar dan penerima (dB).

L_f : redaman pada *feeder* pemancar dan penerima (dB).

L_{rain} : redaman hujan (dB).

L_{atm} : redaman atmosfer pada propagasi (dB).

2.4.3 Redaman Atmosfer

Berdasarkan rekomendasi ITU-R P.676-3, maka redaman atmosfer dapat dihitung dengan Persamaan 2.8 berikut :

$$L_{atm} = I_{\alpha} \times d \dots\dots\dots(2.8)^{[2]}$$

dimana :

I_{α} : 0,0524 dB/Km.

d : jarak lintasan (Km).

2.4.4 Redaman Hujan

Berdasarkan rekomendasi ITU-R P.837-2, kondisi curah hujan di Indonesia adalah 145 mm/jam, maka redaman hujan dapat dihitung dengan Persamaan 2.9 berikut :

$$L_{rain} = IR \times d_{eff} \dots\dots\dots(2.9)^{[2]}$$

dimana :

IR : $K \times R^{\alpha}$

d_{eff} : $d \cdot r$

r : $\frac{1}{1+d/d_o}$

α : 1,322

d_o : 7,810

K : Faktor Iklim

R : Curah Hujan



2.4.5 Gain Antena

Dalam sistem komunikasi radio, antena digunakan untuk mengkonversi gelombang elektronik menjadi gelombang elektromagnetik. Besarnya energi dari antena dapat memacu pengiriman sinyal dan sinyal yang diterima. Untuk perhitungan gain antenna dapat menggunakan Persamaan 2.10 berikut :

$$G = 10 \log \left[\frac{(\pi d)^2 p}{\lambda^2} \right] \dots\dots\dots(2.10)^{[2]}$$

dimana :

d : diameter antena (m).

p : efisiensi antena dalam prosentasi, nilai khas antara 0,4 – 0,8 (biasanya menggunakan 0,5).

λ : panjang gelombang (m).

λ : $\frac{c}{f}$

c : kecepatan gelombang cahaya = 3×10^8 m/s.

f : frekuensi kerja (GHz).

2.5 *Fading*

Fading adalah variasi sinyal terima saat sebagai fungsi dari *fasa*, polarisasi dan kuatnya sinyal terima akibat pengaruh hambatan lintasan baik itu pembiasan, pemantulan, difraksi, hamburan, redaman dan karena akibat – akibat yang lain. *Multipath fading* diakibatkan oleh adanya interferensi antara gelombang langsung dan gelombang tak langsung, biasanya gelombang pantulan. Pantulan ini diakibatkan oleh tanah dan atmosfer. Besar kecilnya *multipath fading* ditentukan oleh kondisi lintasan gelombang. *Multipath fading* dapat menyebabkan daya yang diterima kadang-kadang menguat (membesar), kadang-kadang melemah.

2.5.1 *Flat Fading*

Flat fading mempunyai karakteristik dimana level sinyal naik turun dengan lambat, hal ini menyebabkan putusnya hubungan yang lama. *Flat fading* sering terjadi akibat pembelokan *beam* yang disebabkan oleh perubahan indeks bias atmosfer. Pada kondisi standar faktor $K = 4/3$ apabila kerapatan udara bertambah sedemikian rupa sehingga indeks bias atmosfer berbeda dengan kondisi standar, maka *beam* akan membelok keatas atau kebawah dari lintasan gelombang yang sebenarnya.

2.5.2 *Frequency Selective Fading*

Frequency selective fading merupakan salah satu bentuk fading dimana sinyal yang diterima mengalami distorsi dan dispersi. Hal ini disebabkan sinyal yang diterima terdiri dari beberapa sinyal, terjadi redaman dan waktu tunda, sehingga menimbulkan dispersi waktu dari simbol yang ditransmisikan.

2.5.3 *Fading Margin*

Fading Margin adalah perbedaan antara level sinyal terima nominal dengan level sinyal terima minimum (*threshold*), yang sesuai dengan *Bit Error Rate* (BER) yang diinginkan. *Flat Fading Margin* (FFM) dihitung untuk mengatasi *error* yang disebabkan *thermal noise*. Secara definisi *flat fading margin* sama dengan *fading margin* yaitu perbandingan level antara sinyal terima nominal dengan level sinyal minimum. Flat Fading Margin (FFM) dapat dihitung dengan Persamaan 2.11 berikut :

$$FFM = RSL - R_{x(Threshold)} \dots\dots\dots (2.11)^{[2]}$$

dimana :

FFM : *Flat Fading Margin*.

R_{SL} : level daya terima (dBm).

$R_{x(Threshold)}$: level threshold dari thermal noise penerima (dBm).

2.6 Probabilitas Total Outage

Probabilitas total *outage* adalah kemungkinan putusnya suatu hubungan komunikasi. Probabilitas total *outage* perlu diperhitungkan dalam perancangan sistem gelombang mikro karena diperlukan untuk mengestimasi kondisi terburuk atau dalam kondisi fading terburuk agar komunikasi tidak terputus. Pada transmisi gelombang mikro, Probabilitas total *outage* disebabkan oleh distorsi gelombang akibat *Frequency Selective Fading*, *interfansi* dan *noise thermal*. Rekomendasi ITU-R F.634-3 menetapkan propagasi total outage dengan panjang lintasan 2500 Km dan maksimum 9 hop, untuk $280 \leq L \leq 2500$ Km :

$$P_t \leq (280/2500) \times 0.4 \%$$

$$P_t \leq 0,0448 \%$$

$$P_t \leq 0,000448$$

Availability sistem radio diatur oleh rekomendasi ITU-R F.634-3, dimana untuk sistem radio dengan panjang lintasan ≤ 280 Km adalah :

$$A_v \geq (100 - P_t) \%$$

$$A_v \geq (1 - 0,000448)$$

$$A_v \geq 0,999552$$

2.6.1 Probabilitas Total Outage Untuk Sistem Tanpa Menggunakan Teknik Diversitas

Berdasarkan rekomendasi ITU-R P.530-8 untuk menghitung probabilitas total *outage* sistem dapat menggunakan Persamaan 2.12 berikut :

$$P_t = P_{ns} + P_s + P_{xp} \dots\dots\dots(2.12)^{[4]}$$

dimana :

P_{ns} : probabilitas *outage* disebabkan *non-selective fading*.

P_s : probabilitas *outage* disebabkan *selective fading*.

P_{xp} : probabilitas *outage* disebabkan *xp* degradasi.

P_{xp} diabaikan karena pada perancangan metode ini tidak digunakan.

➤ Probabilitas Outage Non-Selective

Probabilitas *outage* disebabkan komponen *non-selective fading*, dapat dihitung dengan Persamaan 2.13 berdasarkan rekomendasi ITU-R P.530-8 :

$$P_{ns} = \frac{P_w}{100} \dots\dots\dots(2.13)^{[4]}$$

dimana :

P_w : Persentase waktu dimana *flat fading margin* sesuai dengan ketentuan BER yang melampaui harga rata-rata *worsh month*.

➤ **Perhitungan P_w**

$$P_w = K \times d^{3,6} \times f^{0,89} \times (1 + |\epsilon p|)^{-1,4} \times 10^{-A/10} \dots\dots\dots(2.14)^{[4]}$$

dimana :

d : jarak radio *link* (Km).

f : frekuensi (GHz).

K : faktor iklim dan efek *terrain*.

ϵp : magnitudo dari kemiringan lintasan.

A : *flat fading margin* (dBm).

➤ **Geoclimatic Factor (K)**

Perhitungan *geoclimatic factor* berdasarkan kondisi elevasi, lintasan, lokasi dan faktor iklim di daerah tersebut. Hal ini untuk menghitung seberapa besar pengaruh iklim terhadap performansi *link* yang akan dibangun. Faktor iklim (K), tergantung tipe *terrain* dan pertimbangan lokasi geografis.

➤ **Daerah Coastal Link**

$$K_i = 5,0 \times 10^{-7} \times 10^{0,1(C_o - C_{lat} - C_{long})} P_L^{-1,5} \dots\dots\dots(2.15)^{[4]}$$

dimana :

P_L : variable iklim (%).

$C_o; C_{lat}; C_{long}$: tetapkan (dB).

$$K_{cl} = 2,3 \times 10^{-4} \times 10^{0,1C_o - 0,011|\xi|} \dots\dots\dots(2.16)^{[4]}$$

dimana :

ξ : nilai *longitude* radio *link*.

➤ **Daerah Large Bodies of Water**

$$K = 10^{(1-r_c)\log K_i + r_c \log K_{cl}} \text{ untuk } K_{cl} \geq K_i \dots\dots\dots(2.17)^{[4]}$$

$$K = K_i \text{ untuk } K_{cl} < K_i \dots\dots\dots(2.18)^{[4]}$$

dimana :

r_c : tetapan *fraction* pada *path profile*.

➤ **Daerah Medium Bodies of Water**

$$K_{cm} = 10^{0,5(\log K_i + K_{cl})} \dots\dots\dots(2.19)^{[4]}$$

dimana :

$K = 10^{(1-rc)\log Ki + rc \log Kcl}$ untuk

$$K_{cm} \geq K_i \dots\dots\dots (2.20)^{[4]}$$

$K = K_i$ untuk

$$K_{cm} < K_i \dots\dots\dots (2.21)^{[4]}$$

➤ **Perhitungan Magnitudo kemiringan Lintasan**

$$|\varepsilon p| = \frac{|h_r - h_e|}{d} \text{ mrad} \dots\dots\dots (2.22)^{[4]}$$

dimana :

$h_r ; h_e$: tinggi antenna terhadap permukaan laut (m).

d : jarak radio link (Km).

➤ **Probabilitas Outage Selective**

$$P_s = 2,15\eta (W_m \times 10^{-Bm/20} \times \frac{\tau m^2}{\tau r} + W_{MN} \times 10^{-BMN/20} \times \frac{\tau m^2}{\tau r MN}) \dots\dots\dots (2.23)^{[4]}$$

dimana :

η : parameter *multipath activity*.

W_m : *minimum phase signature width*.

W_{MN} : *non minimum phase signature width*.

B : *minimum pahse notch depth*.

B_{MN} : *non minimum pahse notch depth*.

τ_r : *reference time delay of signature curve*.

τ_m : *mean time delay*.

$$\tau_m : 0,7 \left(\frac{d}{50}\right)^{1,3} \dots\dots\dots (2.24)^{[4]}$$

➤ **Perhitungan Parameter Multipath Activity**

Parameter *Multipath Activity* mengindikasikan kemungkinan *multipath fading* dan dapat dihitung dengan Persamaan 2.25 berikut :

$$\eta = 1 - \exp(-0,2 \times p_o^{0,75}) \dots\dots\dots (2.25)^{[4]}$$

dimana :

P_o : faktor *multipath occurance*.

$$P_o : \frac{P_w}{100} \text{ dengan } A = 0 (\%) \dots\dots\dots (2.26)^{[4]}$$

2.6.2 Probabilitas Total Outage Untuk Sistem Menggunakan Teknik Diversitas

Teknik diversitas adalah suatu teknik dimana penerimaan rangkap. Adapun teknik yang digunakan adalah teknik *space diversity*. Penggunaannya saat kasus *radio link*

memiliki jarak yang jauh dan untuk menghindari *multipath fading*. Harga probabilitas total *outage* menggunakan teknik diversitas dapat dihitung dengan Persamaan 2.27 berikut :

$$P_t = P_d \times P_{xp} \dots \dots \dots (2.27)^{[4]}$$

dimana :

P_d : kombinasi *probabilitas outage* disebabkan oleh *selective* dan *non selective*.

➤ **Perhitungan *Improvement Factor***

$$I_{ns} = [1 - \exp(-3,34 \times 10^{-4} S^{0,87} f^{-0,12} d^{0,48} P_o^{-1,04})] \times 10^{(A-V)/10} \dots \dots \dots (2.28)^{[4]}$$

dengan :

$$V = |G_1 - G_2|$$

$$V = 0$$

dimana :

S : jarak pemisahan antar antena penerima (m).

f : frekuensi (GHz).

d : jarak radio *link* (Km).

P_o : faktor *multipath occurrence*.

A : *flat fading margin*.

$G_1 ; G_2$: gain pada kedua antena (dBi).

➤ **Perhitungan Kuadrat Koefisien Korelasi *Non-Selective***

Perhitungan kuadrat koefisien korelasi *Non-Selective* dapat digunakan dengan Persamaan 2.29 berikut :

$$K_{ns}^2 = 1 - \frac{I_{ns} \times P_{ns}}{\eta} \dots \dots \dots (2.29)^{[4]}$$

dimana :

I_{ns} : *improvement factor*.

P_{ns} : probabilitas *outage Non- Selective*.

η : parameter *multipath activity*.

➤ **Perhitungan Koefisien Korelasi *Relative Amplitudes***

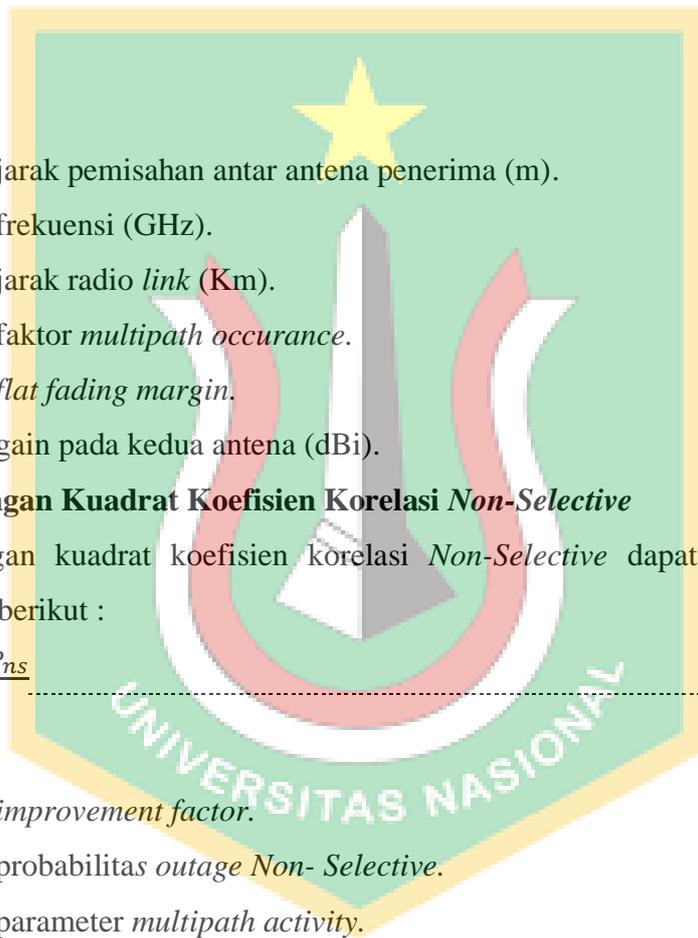
Perhitungan koefisiensi korelasi *relative amplitudes* dapat menggunakan Persamaan 2.30 dan 2.31 berikut :

$$r_w = 1 - 0,9746(1 - K_{ns}^2)^{2,170} \dots \dots \dots (2.30)^{[4]}$$

untuk $K_{ns}^2 \leq 0,26$

$$r_w = 1 - 0,6921(1 - K_{ns}^2)^{1,034} \dots \dots \dots (2.31)^{[4]}$$

untuk $K_{ns}^2 \geq 0,26$



➤ **Perhitungan Kuadrat Koefisien *Selective***

Perhitungan kuadrat koefisien *selective* dapat menggunakan Persamaan 2.32 – 2.34 berikut:

$$K_s^2 = 0,82300000 \dots\dots\dots(2.32)^{[4]}$$

untuk $r_w < 0,5$

$$K_s^2 = 1 - 0,195(1 - r_w)^{0,109 - 0,13\log(1-r_w)} \dots\dots\dots(2.33)^{[4]}$$

untuk $0,5 < r_w < 0,9628$

$$K_s^2 = 1 - 0,3957(1 - r_w)^{0,5136} \dots\dots\dots(2.34)^{[4]}$$

untuk $r_w > 0,9628$

➤ **Perhitungan Probabilitas *Outage Non-Selective***

Perhitungan probabilitas *outage non-selective* dapat menggunakan Persamaan 2.35 berikut :

$$P_{dns} = \frac{P_{ns}}{I_{ns}} \dots\dots\dots(2.35)^{[4]}$$

➤ **Perhitungan Probabilitas *Outage Selective***

$$P_{ds} = \frac{P_s^2}{\eta(1-K_s^2)} \dots\dots\dots(2.36)^{[4]}$$

➤ **Perhitungan Probabilitas *Outage Total***

$$P_d = (P_{dns}^{0,75} + P_{ds}^{0,75})^{1,33} \dots\dots\dots(2.37)^{[4]}$$

2.7 Synchronous Digital Hierarchy (SDH)

Didalam rekomendasi ITU-R G.708, transmisi SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) didefinisikan sebagai berikut “*Synchronous Digital Hierarchy* merupakan suatu teknologi yang mempunyai struktur transport secara hirarki dan di desain untuk mengangkut informasi (*payload*) yang disesuaikan dengan tepat dalam sebuah jaringan transmisi”.

Transmisi SDH merupakan salah satu jaringan transport digital yang menstranmisikan sinyal informasi dari suatu tempat ke tempat lain dengan fleksibilitas yang cukup tinggi dan dapat menyalurkan sinyal SDH. Disamping itu juga transmisi SDH mempunyai kapasitas transmisi yang sangat besar. Tabel standar level hierarki SDH adalah dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Hierarki SDH

Level Hierarki	Bit Rates	STM-n
1	155,52 Mbps	STM-1
4	622,08 Mbps	STM-4
16	2,5 Gbps	STM-16
64	10 Gbps	STM-64

2.7.1 Arsitektur Umum Jaringan SDH

Secara garis besar arsitektur umum elemen SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) dapat dibagi menjadi empat bagian umum, yaitu :

A. *Synchronous Interface (SI)*

Merupakan suatu unit yang digunakan untuk memproses sinyal informasi agar dapat disalurkan pada media transmisi, baik elektris maupun serat optik.

B. *Tributary Interface (TI)*

Merupakan sebuah unit yang memiliki fungsi sebagai interface antara sinyal *tributary plesiochronous* atau *synchronous* dengan elemen jaringan.

C. *Switching and Data Processing*

Pada umumnya *switching* dan *data proses* terdiri dari beberapa sub bagian yaitu *Pointer Processing, Bus Bridge, Connection Matrix*.

D. *Management and Communication*

Memberikan performasi terhadap pusat pengontrolan jaringan dan pekerjaan supervisi, inventori dalam suatu elemen jaringan transmisi.

2.7.2 Frequency Assignment SDH Microwave

Sesuai dengan standar ITU-R, bahwa untuk transmisi *long-haul* frekuensi yang digunakan adalah 5 Ghz, U6 GHz, 8 GHz dan 11 GHz dapat dilihat pada Tabel 2.2 – 2.5 berikut.

Tabel 2.2 *Frequency Assignment SDH Microwave 5 GHz*

5 GHz				
No.	CH	Frequency (MHz)	Remark	
1.	1	4430	Lower	
2.	2	4470	Lower	
3.	3	4510	Lower	
4.	4	4550	Lower	
5.	5	4590	Lower	
6.	6	4630	Lower	
7.	7	4670	Lower	
8.	1	4730	Upper	
9.	2	4770	Upper	
10.	3	4810	Upper	
11.	4	4850	Upper	
12.	5	4890	Upper	
13.	6	4930	Upper	
14.	7	4970	Upper	

Berdasarkan Tabel 2.2 memperlihatkan frekuensi SDH 5 GHz mempunyai 7 channel lower dengan frekuensi 4430 – 4670 MHz dan 7 channel upper dengan frekuensi 4730 – 4970 MHz.

Tabel 2.3 *Frequency Assigment SDH Microwave U6 GHz*

U6 GHz			
No.	CH	Frequency (MHz)	Remark
1	1	6460	Lower
2	2	6500	Lower
3	3	6540	Lower
4	4	6580	Lower
5	5	6620	Lower
6	6	6660	Lower
7	7	6700	Lower
8	8	6740	Lower
9	1	6800	Upper
10	2	6840	Upper
11	3	6880	Upper
12	4	6920	Upper
13	5	6960	Upper
14	6	7000	Upper
15	7	7040	Upper
16	8	7080	Upper

Berdasarkan Tabel 2.3 memperlihatkan frekuensi SDH U6 GHz mempunyai 8 channel lower dengan frekuensi 6460 – 6740 MHz dan 8 channel upper dengan frekuensi 6800 – 7080 MHz.

Tabel 2.4 *Frequency Assigment SDH Microwave 8 GHz*

8 GHz			
No.	CH	Frequency (MHz)	Remark
1.	1	7747,7	Lower
2.	2	7777,35	Lower
3.	3	7807	Lower
4.	4	7835,65	Lower
5.	5	7866,3	Lower
6.	6	7895,95	Lower
7.	7	7925,6	Lower
8.	8	7955,25	Lower
9.	1	8059,02	Upper
10.	2	8088,67	Upper
11.	3	8118,32	Upper
12.	4	8147,97	Upper
13.	5	8177,62	Upper
14.	6	8207,27	Upper
15.	7	8236,92	Upper
16.	8	8266,57	Upper

Berdasarkan Tabel 2.4 memperlihatkan frekuensi SDH 8 GHz mempunyai 8 channel lower dengan frekuensi 7747,7 – 7955,25 MHz dan 8 channel upper dengan frekuensi 8059,02 – 8266,57 MHz.

Tabel 2.5 *Frequency Assignment SDH Microwave 11 GHz*

11 GHz			
No.	CH	Frequency (MHz)	Remark
1.	1	10715	Lower
2.	2	10755	Lower
3.	3	10795	Lower
4.	4	10835	Lower
5.	5	10875	Lower
6.	6	10915	Lower
7.	7	10955	Lower
8.	8	10995	Lower
9.	9	11035	Lower
10.	10	11075	Lower
11.	11	11115	Lower
12.	12	11155	Lower
13.	1	11245	Upper
14.	2	11285	Upper
15.	3	11325	Upper
16.	4	11365	Upper
17.	5	11405	Upper
18.	6	11445	Upper
19.	7	11485	Upper
20.	8	11525	Upper
21.	9	11565	Upper
22.	10	11605	Upper
23.	11	11645	Upper
24.	12	11685	Upper

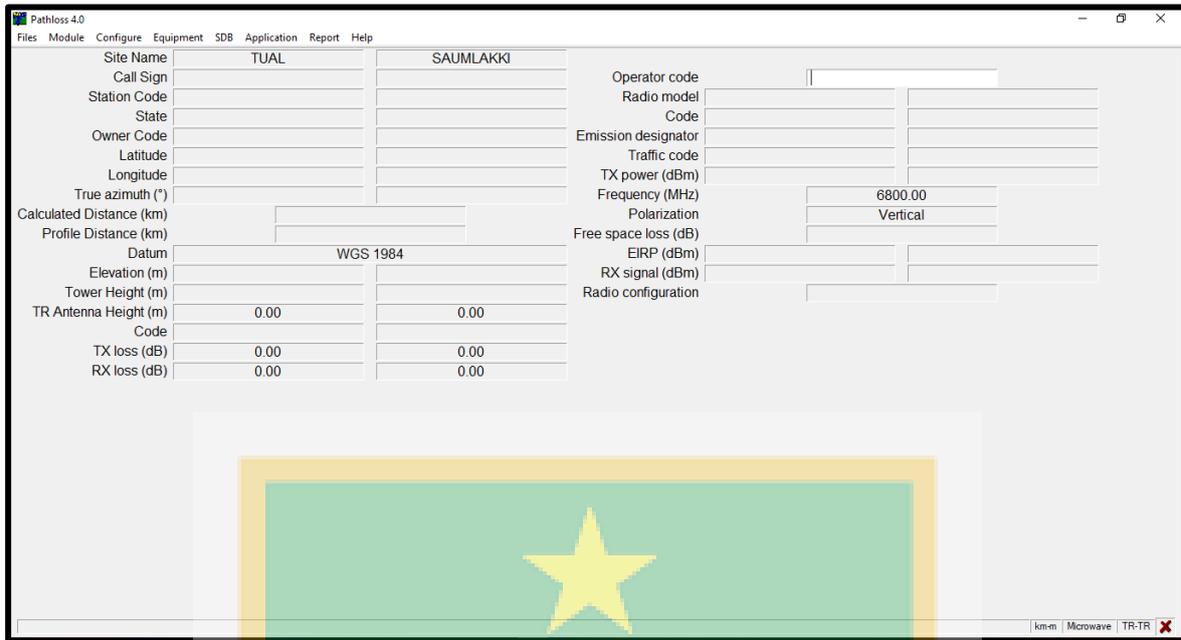
Berdasarkan Tabel 2.5 memperlihatkan frekuensi SDH 11 GHz mempunyai 12 channel lower dengan frekuensi 10715 – 11155 MHz dan 12 channel upper dengan frekuensi 11245 – 11685 MHz.

2.8 *Software Pathloss*

Software Pathloss adalah perangkat lunak perencanaan *link* gelombang mikro *point to point* yang digunakan untuk menentukan *line of sight* dan *link budget*. Fitur utama software Pathloss yaitu :

- A. Membuat link profile (terrain data dari peta digital, *.txt atau manual).
- B. Kalkulasi performa link.
- C. Analisa reflection dan multipath.
- D. Optimasi ketinggian antenna.
- E. Administrasi peta digital dalam format raster.
- F. Administrasi geo-referentiated orthophotos.
- G. Analisa interferensi.
- H. Impor/export data melalui format *text*.

Untuk aplikasi *software pathloss* dapat dilihat pada Gambar 2.3 dan Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.3 *Software Pathloss*

Pada Gambar 2.3 memperlihatkan tampilan awal pada aplikasi *software pathloss* yang digunakan untuk simulasi perencanaan jaringan *microwave*.



Gambar 2.4 *Worksheet Software Pathloss*

Pada Gambar 2.4 memperlihatkan tampilan *worksheet* pada aplikasi *software pathloss* yang digunakan untuk melakukan setting pada antenna, radio, kabel transmisi dan curah hujan pada simulasi perencanaan jaringan *microwave*.