

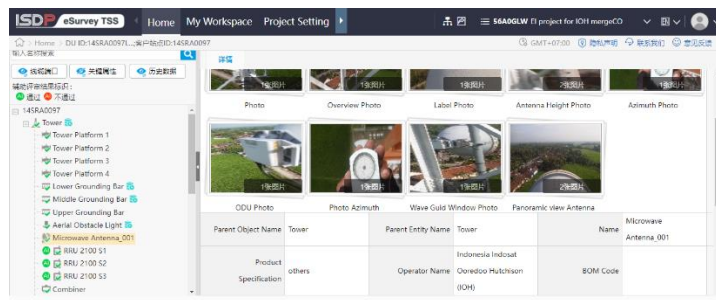
BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Deskripsi Penugasan Kerja

Pada bulan – bulan awal program MBKM di PT.Poca Jaringan Solusi dilaksanakan *online session* dengan para mentor untuk pelatihan dan pemaparan materi tentang Manajemen Pelaksanaan EHS (*Environment Health Safety*), dalam *online session* mahasiswa menyimak dan menjawab jika di beri pertanyaan oleh mentor mengenai materi tersebut, mahasiswa juga di beri arahan mengenai materi materi tersebut. Kegiatan ini dilakukan setiap ada mitra baru yang masuk ke dalam *project* PT.Poca Jaringan Solusi dengan berbagai materi salah satunya Manajemen Pelaksanaan EHS (*Environment Health Safety*).

Pada bulan – bulan pertengahan program MBKM di PT.Poca Jaringan Solusi mahasiswa difokuskan untuk melakukan pekerjaan secara *life session* yang di arahkan oleh mentor dari divisi SIR ATP untuk memasukan data dan memperbaiki data melalui *software* ISDP seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.1 *Software ISDP*

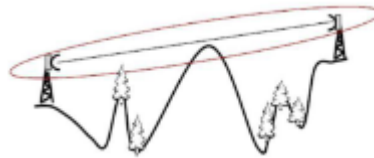
Pada gambar 2.1 mahasiswa melakukan *input* data tower site milik mitra XL sesuai dengan hasil foto yang ada di lapangan, dengan data tower site milik mitra XL tersebut maka hasilnya akan di *approve* dan di simpan untuk meminimalisir terjadinya masalah pada tower site kedepannya. Dalam *software* tersebut semua divisi masuk pada site dari MOS – *Install Integrasi On Air SIR ATP*.

Pada bulan – bulan akhir masa program MBKM di PT.Poca melaksanakan penelitian atau pengerjaan *project*. Penelitian atau pengerjaan *project* ini di ambil dari salah satu materi yang telah di ajarkan oleh mentor kami dalam program *project HUAWEI*. Maka dari itu mahasiswa menentukan topik tentang penelitian atau pengerjaan *project* yaitu tentang Perancangan Jaringan *Microwave site*

Sidodadi Masaran dan *site* Tiga Pilar Masaran *study* kasus Sragen. Mahasiswa melakukan perancangan dengan diberikan data *site link budget* sebagai patokannya. Teori Dasar Pendukung

2.1.1 Sistem Komunikasi Gelombang Mikro

Sistem komunikasi radio gelombang mikro merupakan sistem komunikasi yang bertujuan untuk mengirimkan informasi dari satu lokasi pengirim ke lokasi penerima tanpa terganggu kondisi daratan. Komunikasi yang dikirimkan yaitu suara, video, dan data melalui udara bebas (air interface) pada rentang frekuensi 2 GHz sampai 24 GHz, yang merupakan standar dari *Committee Consultative International on Radio* (CCIR)[4].



Gambar 2.2 Propagasi LOS

Pada gambar 2.2 propagasi loss sangat penting untuk komunikasi radio gelombang mikro, digunakan untuk sistem komunikasi satelit, terrestrial, dan komunikasi bergerak yang perambatannya melalui atmosfer dimana kondisi atmosfer ini dapat mempengaruhi performansi komunikasi radio gelombang mikro. Sistem komunikasi radio gelombang mikro terdiri dari dua bagian yaitu bagian pemancar (*transmitter*) dan bagian penerima (*receiver*). Dalam jalur komunikasi radio gelombang mikro dari satu lokasi menuju lokasi lainnya harus dalam keadaan *Line of Sight* (LOS) yang artinya lintasan propagasi tersebut dalam keadaan bebas pandang sehingga antenna pemancar dan penerima tidak adanya penghalang (*obstacle*) yang dapat menghalangi lintasan perambatan gelombang radio[5].

2.2.2 Faktor yang Mempengaruhi Komunikasi Radio Gelombang Mikro

Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja sistem tersebut sebagai berikut:

A. Antena

Antena adalah suatu pengubah (*transducer*) yang dapat mengubah besaran listrik menjadi gelombang elektromagnetik untuk kemudian dipancarkan ke angkasa, dan sebaliknya. Dengan kata lain antena dapat berfungsi sebagai penguat daya dan mengubah dari gelombang radio.

B. Pengaruh Atmosfer

Butir-butir hujan memberikan redaman terhadap gelombang elektromagnetik yang melintas. Semakin lebat hujan maka redaman tersebut semakin besar. Pada komunikasi *microwave* terrestrial banyak faktor-faktor yang sangat mempengaruhi performa sistem yang berkaitan dengan efek dari *atmosfer* antara lain[6]:

a. **Absorption** (Redaman hujan)

Tetes-tetes hujan menyebabkan penghamburan dan penyerapan (*absorption*) energi gelombang radio yang akan menghasilkan redaman yang disebut redaman hujan. Besarnya redaman tergantung pada besarnya curah hujan. Redaman hujan tidak dapat ditentukan secara pasti tetapi ditentukan secara statistik[6].

b. **Refraction** (Pembiasan)

Refraction adalah pembongkolan atau pembelokan gelombang radio karena perubahan karakteristik atmosfer (karena perubahan temperature, kerapatan, kelembaban). Perubahan kerapatan atmosfer berpengaruh terhadap cepat rambat gelombang. Refraksi pada gelombang yang merambat pada atmosfer menyebabkan timbulnya horizon radio (Kaki Langit), sehingga jarak Tx-Rx pada sistem *Line Of Sight* (LOS) terbatas padahal dalam komunikasi yang diinginkan adalah propagasi garis pandang[6].

c. **Ducting**

Ducting adalah peristiwa dimana terperangkapnya gelombang mikro dalam sebuah *atmosphere waveguide*. Ini biasa terjadi pada ketinggian yang rendah dengan lapisan *atmosphere* yang sangat padat dan terjadi didekat atau diatas permukaan air. Ada 2 macam ducting yaitu *Surface Ducts* ketika batas terendah dari duct adalah permukaan bumi.dan *Elevated Ducts* ketika batas terendah dari *duct* adalah diatas permukaan bumi[6].

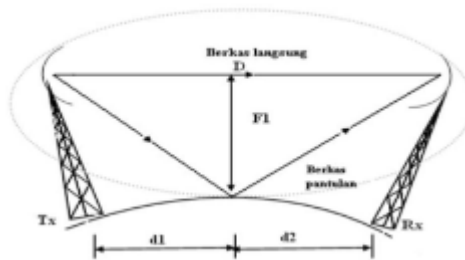
d. **Terrain Effect**

Selain atmosfer, kondisi daerah yang dilintasi gelombang radio juga bisa menyebabkan gelombang tersebut mengalami *multipath*/lintasan

jamak. Dalam propagasi gelombang mikro sangat diharapkan terjadi suatu propagasi garis pandang yang *Line Of Sight* (LOS) tanpa adanya penghalang[3].

1. *Fresnel Zone*

Untuk menghindari pengaruh multipath (terutama pantulan tanah) ditetapkan daerah “*clearance*” (bebas dari obstacle/penghalang) yang salah satu komponennya adalah fresnel zone. Pada Gambar 2.3 menunjukkan dua berkas lintasan propagasi gelombang radio dari pemancar ke penerima, yaitu berkas 10 lintasan langsung (*direct ray*) dan berkas lintasan pantulan (*reflected ray*) yang mempunyai radius F1 dari garis lintasan langsung. Jika berkas lintasan pantulan mempunyai panjang setengah kali lebih panjang dari berkas lintasan langsung, maka dianggap bumi merupakan pemantul yang sempurna (koefisien pantul sama dengan -1, artinya gelombang datang dan gelombang pantul berbeda fase 180°), maka pada saat tiba di penerima akan mempunyai fase yang sama dengan gelombang langsung. Akibatnya akan terjadi intensitas kedua gelombang pada saat mencapai antena penerima akan saling menguatkan[6].



Gambar 2.3 Daerah Fresnel

2. *Clearance*

Lintasan sinyal yang ditransmisikan pada sistem *line of sight* harus mempunyai daerah bebas hambatan yang disebut *clearance*. Daerah *clearance* ditentukan untuk menghindari pengaruh jalur jamak terutama karena pantulan tanah[6].

2.2 Link Budget Analysis

Analisis *link budget calculation* dilakukan agar perencanaan jaringan transmisi *microwave* antara BTS *Near End* dan BTS *Far End* dapat memenuhi kondisi sistem komunikasi yang bekerja secara optimal dalam melakukan performansi komunikasi radio *microwave*. Suatu link gelombang mikro dapat terbentang jarak yang sangat jauh. Tiap hop harus dalam kondisi LOS. Ukuran dari antena, daya keluaran pemancar (transmitter), daya penerimaan minimum dan panjang lintasan semua hal tersebut saling berhubungan. Daya terima minimum merupakan titik awal dalam perancangan lintasan. Besarnya daya minimum dapat dicari dengan menggunakan Persamaan 2.1[6].

$$11 Ptmin = Ltr + FM + Cmin.....(2.1)$$

Di mana,

Ltr = redaman transmisi (dB)

FM = *fading margin* (dB)

Cmin = level sinyal terima minimum (dB)

Sedangkan untuk loss transmisi atau rugi-rugi transmisi dapat dicari dengan menggunakan Persamaan 2.2[8].

$$Ltr = Lfs + Lf + Lb + Aeff - Gtotal.....(2.2)$$

Di mana:

Lfs = redaman ruang bebas (dB)

Lf = *loss feeder* / redaman saluran transmisi(dB)

Lb = *loss branching* / percabangan (dB)

Aeff = redaman efektif hujan (dB)

Gtot = total gain antara antara antena pemancar dengan penerima (dB)

Dan untuk mencari level sinyal penerimaan minimum dapat dicari dengan menggunakan Persamaan 2.3:

$$Cmin = Nth + C No(2.3)$$

Sedangkan Nth dapat dicari menggunakan persamaan 2.4:

$$Nth = 10 \log k T B + Nf.....(2.4)$$

Di mana:

Nth = Ambang daya *thermal noise* (dB)

K = *Konstanta Boltzman* ($1,38 \times 10^{-23}$ J/oK)

T = Temperatur *absolut* (°K)

B = Lebar bidang/bandwidth (Hz)

Nf = Noise figure (dB)

C min = Level sinyal terima minimum (dB)

C/No = Carrier to noise ratio (dB)[6]

2.3 Klasifikasi Link Microwave

Pada umumnya *link microwave* beroperasi pada range frekuensi 2 GHz sampai 58 GHz. Berdasarkan range frekuensi kerjanya *link microwave* dapat 12 diklasifikasikan menjadi tiga kategori yaitu *short haul*, *medium haul*, dan *long haul*[6].

2.3.1 Short Haul

Short haul beroperasi pada frekuensi yang sangat tinggi (23 GHz – 58 GHz), dengan jarak jangkauan yang pendek antara 1 – 18 km. Pada range frekuensi yang lebih rendah pada band ini, link akan dipengaruhi oleh multipath dan *rain fading*. Pada frekuensi yang lebih tinggi pada saat panjang lintasan hanya beberapa kilometer, pengaruh *multipath* tidak akan memberikan dampak yang signifikan. Tetapi, bagaimanapun hujan akan memberikan dampak besar pada link ini. Berikut frekuensi yang termasuk kategori *short haul*:

1. Band Frekuensi 23 GHz
 - a. Daya jangkau maksimal 18 km
 - b. Diameter antena 30 cm – 120 cm untuk gain berkisar antara 35,5 dBi – 47,3 dBi
 - c. *Rain fading dan multipath fading*
 - d. Menggunakan 2 polarisasi horizontal dan vertikal
 - e. Atenuasi atmosfer hujan sekitar 3 db/km pada saat curah hujan 20 mm/jam
2. Band Frekuensi 26 dan 27 GHz
 - a. Daya jangkau maksimal 15 km
 - b. *Rain fading*
 - c. Diameter antena 30 cm – 60 cm
 - d. Menggunakan 2 polarisasi, horizontal dan vertikal

- e. Atenuasi atmosfer 0,1 dB/km
 - f. Atenuasi karena hujan sekitar 3 dB/km saat curah hujan 20 mm/h
3. Band Frekuensi 38 GHz
 - a. Daya jangkau maksimal 10 km
 - b. *Rain fading*
 - c. Diameter antena 30 cm dengan gain 39,66 dB
 - d. Hanya menggunakan 1 polarisasi, yaitu vertical
 - e. Atenuasi atmosfer 0,12 dB/km
 - f. Atenuasi akibat hujan sekitar 5 dB/km saat curah hujan 20 mm/h
 4. Band Frekuensi 55 GHz
 - a. Daya jangkau maksimal kurang lebih beberapa kilometer saja
 - b. *Rain fading*
 - c. Diameter antena 30 cm dengan gain 39,66 dB
 - d. Menggunakan 1 polarisasi vertical
 - e. Atenuasi akibat hujan sekitar 5 dB/km saat curah hujan 20 mm/h
 - f. Atenuasi atmosfer 0,12 dB/km
 5. Band Frekuensi 58 GHz
 - a. Daya jangkau maksimal hanya 1 – 2 km
 - b. *Rain fading*
 - c. Diameter antena 15 cm
 - d. Hanya untuk polarisasi vertical
 - e. Atenuasi atmosfer 12 dB/km
 - f. Atenuasi akibat hujan sekitar 7 dB/km saat curah hujan 20 mm/h

2.3.2 Medium Haul

Frekuensi operasi link ini biasanya antara 11 GHz – 20 GHz. Dipengaruhi oleh kondisi iklim dan frekuensi operasi. Panjang lintasan bervariasi antara 20 – 40 km. Link ini juga dipengaruhi oleh multipath fading dan rain fading. Berikut beberapa fungsi yang termasuk kategori *Medium Haul*[6]:

1. Band Frekuensi 13 GHz
 - a. Daya jangkau maksimal 40 km
 - b. *Multipath fading*

- c. Diameter antena 60 cm – 120 cm untuk gain antena berkisar 36,4 dB – 42,4 dB
 - d. Menggunakan 2 polarisasi, horizontal dan vertical
2. Band Frekuensi 15 GHz
- a. Daya jangkau maksimal 35 km
 - b. *Multipath fading*
 - c. Diameter antena 60 cm – 120 cm dengan gain antena berkisar 38 dB – 44 dB
 - d. Menggunakan 2 polarisasi, horizontal dan vertical
3. Band Frekuensi 18 GHz
- a. Daya jangkau maksimal 20 km
 - b. *Multipath fading*
 - c. Diameter antena hingga 60 cm – 180 cm dengan gain 39 dB – 49 dB
 - d. Menggunakan 2 polarisasi, horizontal dan vertical
 - e. Atenuasi atmosfer 0,1 dB/km Atenuasi akibat hujan sekitar 1 dB/km saat curah hujan 20 mm/h

2.3.3 Long Haul

Frekuensi operasi link ini biasanya antara 2 GHz sampai 10 GHz. Pada kondisi iklim terbaik dan frekuensi operasi, jarak yang dapat dicakup oleh link ini dapat berkisar antara 45 km – 80 km. Link ini dipengaruhi multipath fading. Berikut beberapa band frekuensi yang termasuk kategori *Long Haul*[6] :

- 1. Band Frekuensi 2 GHz
 - a. Daya jangkau maksimal 80 km
 - b. *Multipath fading*
 - c. Diameter antena 370 cm dengan gain antena 36 dB
 - d. Menggunakan 2 polarisasi, horizontal dan vertical
- 2. Band Frekuensi 7 GHz
 - a. Daya jangkau maksimal 50 km
 - b. *Multipath fading*
 - c. Diameter antena 370 cm dengan gain antena 46,8 dB
 - d. Menggunakan 2 polarisasi, horizontal dan vertical

3. Band Frekuensi 10 GHz
 - a. Daya jangkauan maksimal 45 km
 - b. *Multipath fading*
 - c. Diameter antena hingga 60 - 120 cm untuk range gain 34 dB – 40 dB
 - d. Menggunakan 2 polarisasi, horizontal dan vertical 15

2.4 Perhitungan *Link Budget*

Microwave Parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan *link budget microwave* adalah sebagai berikut.

2.4.1 *Gain Antena*

Gain antenna digunakan untuk mengukur kemampuan antena untuk mengirimkan gelombang yang diinginkan ke arah tujuan. Gain antenna menjelaskan seberapa besar jumlah energi yang terpancar secara isotropis dapat diarahkan menjadi suatu beam. Semakin sempit suatu beam, maka semakin tinggi tingkat kesearahan antena hingga menjadikan gain semakin tinggi[6].

$$G = 20 \log f + 20 \log d + 10 \log \eta + 20,4 \dots \dots \dots (2.5)$$

dimana,

G = Gain/penguatan antena (dB)

η = Efisiensi antena (%)

d = Diameter antena (m)

f = Frekuensi kerja (GHz)

2.4.2 *Free Space Loss (FSL)*

Free Space Loss merupakan redaman yang ada disepanjang ruang antara antena pemancar[2].

$$FSL = 92,45 + 20 \log(fGHz) + 20 \log(Dkm) \dots \dots \dots (2.6)$$

dimana,

FSL = Free Space Loss (dB)

f = Frekuensi (GHz/Mhz)

D = Jarak antara antena pemancar dan penerima (km)

2.4.3 Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) merupakan daya maksimum gelombang sinyal mikro yang keluar dari antenna pemancar atau untuk menunjukkan nilai efektif daya yang dipancarkan, dalam arti lain daya tersebut sudah mengalami penguatan. EIRP diperoleh dengan menjumlahkan daya output dari antenna pemancar dengan gain antenna lalu dikurangkan oleh loss[6].

$$EIRP = P_{TX} + G_{ant} - L_{TX} \dots \dots \dots (2.7)$$

dimana,

EIRP = Effective Isotropic Radiated Power (dBm)

P_{TX} = Daya pancar (dBm)

G_{ant} = Gain antenna (dBi)

L_{TX} = Transmitter loss (dB)

Nilai L_{tx} meliputi jumlah dari *Loss transitions* yaitu *loss feeder*, *connector loss*, *branching loss*, dan *loss atmosfer*.

2.4.4 Isotropic Received Level (IRL)

Isotropic Received Level (IRL) merupakan nilai level daya isotropic yang diterima oleh stasiun penerima. Nilai IRL ini bukan nilai daya yang diterima oleh sistem atau rangkaian decoding, akan tetapi nilai ini adalah nilai level daya terima antenna stasiun penerima. Untuk mendapatkan nilai daya terima maka nilai IRL harus didapatkan terlebih dahulu[6].

$$IRL = EIRP - FSL \dots \dots \dots (2.8)$$

dimana,

IRL = Isotropic Received Level (dBm)

EIRP = Effective Isotropic Radiated Power (dBm)

FSL = Free Space Loss (dB)

2.4.5 Received Signal Level (RSL)

Received Signal Level (RSL) merupakan level daya yang diterima oleh piranti pengolah decoding. Nilai RSL ini dipengaruhi oleh rugi-rugi jalur di sisi antenna penerima dan gain antenna penerima[6].

$$RSL = IRL - GRX - LRX \dots \dots \dots (2.9)$$

dimana,

- RSL = Received Signal Level (dBm)
- IRL = Isotropic Received Level (dBm)
- GRx = Gain Antena (dBi)
- LRX = Received Loss (dB)

2.4.6 Fading Margin

Merupakan level daya yang harus dicadangkan yang besarnya merupakan selisih antara daya rata-rata yang sampai di penerima dan level sensitivitas penerima tergantung kondisi lingkungannya. Untuk mengatasi fading maka diperlukan cadangan daya yang digunakan agar dapat mempertahankan level daya terima di atas level ambang (rx threshold). Cadangan daya tersebut disebut dengan fading margin. Terdapat 3 jenis fade margin, diantaranya: thermal fade margin, flat fade margin, effective fade margin. Besarnya thermal fade margin dapat dihitung dari selisih antara daya terima dan daya terima minimum (Rx Threshold). Adapun hubungan antara fading margin dengan Received Signal Level [6].

$$FM = RSL - RxTh \dots\dots\dots(2.10)$$

dimana,

- FM = Fading Margin (dB)
- RSL = Receive Signal Level (dBm)
- RxTh = Rx Threshold Level (dBm)

2.4.7 Availability

Availability merupakan ukuran kehandalan sistem. Secara ideal semua sistem harus memiliki *availability* 100%. Namun keadaan tersebut tidak mungkin terpenuhi karena di dalam suatu sistem pasti terdapat kegagalan sistem dalam memberikan pelayanan. Kegagalan sistem dalam memberikan pelayanan disebut sebagai unavailability. [6].

$$UnAvpath = a \times b \times 2.5 \times f \times D^3 \times 10^{-6} \times 10^{-FM/10} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$Avpath = (1 - UnAvpath) \times 100\% \dots\dots\dots(2.12)$$

dimana,

- UnAvpath = ketidakhandalan sistem
- Avpath = kehandalan sistem
- D = panjang lintasan (Km)

FM = cadangan daya (dB)

f = frekuensi kerja (GHz)

a = faktor kekasaran bumi atau C faktor

a = 4 ; untuk daerah halus, laut, danau, dan gurun

a = 1 ; untuk daerah kekasaran rata-rata, dataran

a = 1/4 ; untuk pegunungan dan dataran tinggi

b = faktor iklim

b = 1/2 ; untuk daerah panas dan lembab

b = 1/4 ; untuk daerah normal

b = 1/8 ; untuk daerah pegunungan (sangat kering)

Adapun curah hujan juga akan mempengaruhi availability jaringan yang dihasilkan. Curah hujan di setiap negara/zona bisa berbeda-beda tergantung pada kondisi dan letak geografisnya. Pembagian zona curah hujan menurut rekomendasi ITU-R Pn.837-1 terbagi menjadi zona A sampai dengan zona Q. Indonesia dikategorikan ke dalam zona P yang memiliki curah hujan termasuk besar, termasuk negara tropis lainnya[6].

2.5 Google Earth

Google Earth merupakan *software* yang menyediakan tampilan virtual planet bumi. Didalamnya terdapat peta yang dapat menginformasikan titik koordinat dan elevasi dari suatu wilayah. Penggunaannya yang mudah dan fitur yang lengkap menjadi pilihan dalam berbagai kebutuhan penggunanya[7].

2.6 Pathloss 5.0

Dalam melakukan perencanaan jaringan transmisi *microwave* membutuhkan *software* yang mendukung. *Software Pathloss 5.0* mempunyai fitur diantaranya membuat link profile, kalkulasi performa link, menganalisa *reflection* dan *multipath*. *Software* ini juga dapat menyimulasikan dari profil *link* yang telah dibuat agar dapat mengetahui performasinya[8].