

## **Analisis Perencanaan Kinerja Sistem *Trunking* Motorola HT Dengan Konfigurasi *Repeater* Pada Layanan Operasional PT Primacom Interbuana**

**Ahmad Zulfa Zulhilmi Rizqi<sup>1</sup>, Agustini Rodiah Machdi<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pakuan, Jalan Pakuan No. 1, Tegallega, Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor, Jawa Barat, 16143, Indonesia

Email: <sup>1</sup>054122014@student.unpak.ac.id, <sup>2</sup>agustini.rodiah@unpak.ac.id

---

### **Abstrak**

Analisis kinerja sistem komunikasi radio berbasis *digital mobile radio* (DMR) dengan metode *trunking* dilakukan menggunakan perangkat Motorola *hand transceiver* (HT) dan konfigurasi *repeater dual slot* pada layanan komunikasi operasional PT Primacom Interbuana. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi keandalan dan efektivitas sistem komunikasi radio dalam mendukung kegiatan operasional perusahaan pada wilayah kerja dengan cakupan luas dan kondisi geografis yang bervariasi. Analisis yang dilakukan adalah analisis *link budget* dengan mempertimbangkan parameter teknis utama meliputi *effective isotropic radiated power* (EIRP), *effective radiated power* (ERP), *free space loss* (FSL), dan *received signal strength indicator* (RSSI). Pengukuran dan perhitungan dilakukan pada lima titik penempatan HT serta dua perangkat *mobile rig* terhadap *base station* untuk mengetahui karakteristik propagasi sinyal terhadap perubahan jarak. Analisis diperoleh berdasarkan nilai parameter dari perhitungan teoritis dan kalkulasi menggunakan perangkat lunak perencanaan radio, kemudian dilakukan perbandingan untuk menilai tingkat kesesuaian hasil. Riset menunjukkan bahwa peningkatan jarak antara perangkat komunikasi dan *repeater* menyebabkan meningkatnya redaman sinyal yang berdampak pada penurunan nilai RSSI. Selisih antara hasil perhitungan teoritis dan hasil kalkulasi relatif kecil sehingga menunjukkan tingkat akurasi metode yang baik. Sistem *trunking* DMR dengan konfigurasi *repeater dual slot* terbukti mampu meningkatkan efisiensi penggunaan kanal frekuensi serta mendukung komunikasi operasional secara efektif.

**Kata Kunci:** Digital Mobile Radio, Sistem *Trunking*, *Repeater Dual Slot*, *Link Budget*, Kualitas Sinyal

### **Abstract**

Performance analysis of a radio communication system based on digital mobile radio (DMR) with a trunking method was conducted using Motorola hand transceiver (HT) devices and a dual-slot repeater configuration for the operational communication services of PT Primacom Interbuana. This study aims to evaluate the reliability and effectiveness of the radio communication system in supporting the company's operational activities in work areas with wide coverage and varying geographical conditions. The analysis performed was a link budget analysis by considering key technical parameters including effective isotropic radiated power (EIRP), effective radiated power (ERP), free space loss (FSL), and received signal strength indicator (RSSI). Measurements and calculations were conducted at five HT placement points and two mobile rig devices relative to the base station to determine signal propagation characteristics against distance variations. Analysis results were obtained from theoretical calculations and radio planning software simulations, then compared to assess consistency. Research shows that increasing distance between communication devices and the repeater leads to greater signal attenuation, reducing RSSI values. The slight difference between theoretical and calculated results indicates good analytical accuracy. The DMR trunking system with dual-slot repeater configuration effectively improves frequency channel usage efficiency and

supports the company's operational communication activities in an effective manner for all personnel throughout the whole region.

**Keywords:** Digital Mobile Radio, Trunking System, Dual Slot Repeater, Link Budget, Signal Quality

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan sistem komunikasi radio dua arah pada sektor industri menuntut keandalan, efisiensi spektrum, serta kualitas transmisi yang stabil untuk mendukung kegiatan operasional yang dinamis dan membutuhkan respons cepat. Pada lingkungan operasional PT Primacom Interbuana, komunikasi radio digunakan untuk mendukung koordinasi teknis, pemeliharaan infrastruktur jaringan, serta penanganan gangguan layanan [1]. Oleh karena itu, sistem komunikasi yang digunakan harus mampu menyediakan cakupan layanan yang memadai serta kualitas sinyal yang konsisten [2], [3].

Sistem komunikasi yang digunakan adalah *digital mobile radio* (DMR) berbasis trunking dengan konfigurasi repeater. Sistem ini beroperasi pada frekuensi 410,25 MHz sebagai jalur *uplink* dan 420,25 MHz sebagai jalur *downlink* dengan lebar kanal 12,5 kHz. DMR merupakan teknologi radio digital yang mampu memberikan kualitas komunikasi dan efisiensi spektrum yang lebih baik dibandingkan sistem radio analog [2]. Standar DMR terbagi menjadi *tier I*, *tier II*, dan *tier III* berdasarkan fitur serta kapasitas sistem [4]. Pada penelitian ini digunakan DMR *tier II* yang memanfaatkan teknologi *time division multiple access* (TDMA) dua *timeslot*, sehingga dua komunikasi berlangsung dalam satu kanal frekuensi sama secara bergantian dan meningkatkan efisiensi penggunaan spektrum [5].

Sistem *trunking* memungkinkan pengalokasian kanal frekuensi secara dinamis sehingga sejumlah pengguna dapat berbagi kanal yang tersedia secara lebih efisien dibandingkan sistem konvensional yang menggunakan kanal tetap [4]. Selain itu, penggunaan repeater memungkinkan sinyal dari perangkat *hand transceiver* (HT) diperkuat dan dipancarkan kembali untuk memperluas jangkauan komunikasi.

Kinerja sistem komunikasi radio dipengaruhi oleh berbagai parameter teknis dan kondisi propagasi gelombang radio, seperti daya pancar pemancar, gain antena, rugi-rugi

kabel transmisi, serta redaman ruang bebas (*free space loss*) [6]. Faktor lingkungan seperti kontur wilayah, hambatan pada zona Fresnel, refleksi, dan difraksi juga dapat memengaruhi kualitas sinyal yang diterima [7]. Parameter *received signal strength indicator* (RSSI) sering digunakan sebagai indikator untuk mengevaluasi kekuatan sinyal pada sistem komunikasi radio.

Analisis kinerja sistem komunikasi radio umumnya dilakukan menggunakan pendekatan *link budget* untuk memperkirakan keseimbangan daya antara pemancar dan penerima serta jangkauan layanan sistem. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini melakukan analisis terhadap kinerja sistem *trunking* DMR yang digunakan pada layanan operasional PT Primacom Interbuana. Analisis difokuskan pada perhitungan *link budget* meliputi evaluasi nilai *effective isotropic radiated power* (EIRP), *effective radiated power* (ERP), *free space loss* (FSL), serta RSSI. Hasil perhitungan teoritis dibandingkan dengan kalkulasi RSSI menggunakan perangkat lunak Radio Mobile untuk mengetahui tingkat kesesuaian hasil, analisis parameter RSSI dilakukan untuk mengidentifikasi pengaruh jarak terhadap kualitas komunikasi radio.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai performa sistem trunking DMR yang digunakan serta menjadi referensi dalam pengembangan sistem komunikasi radio dua arah pada lingkungan operasional yang serupa.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Penggunaan Perangkat Lunak Kalkulasi Radio Pada Sistem *Digital Mobile Radio* (DMR)

Penelitian dilakukan dengan melakukan konfigurasi nilai parameter-parameter di lokasi penelitian pada perangkat lunak kalkulasi radio, yaitu Radio Mobile. Data konfigurasi yang dapat digunakan dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut :

**Tabel 1. Data Konfigurasi DMR Motorola**

Parameter	Nilai
Frekuensi Minimum	410,25 MHz
Frekuensi Maksimum	420,25 MHz
Sensitivitas <i>Transmitter</i>	-120,2 dBm
Daya Antena <i>Transmitter</i>	55 W (47,4 dBm = 17,4 dB)
Daya Antena <i>Receiver</i> DMR HT	5 W (36,9 dBm = 6,9 dB)
Daya Antena <i>Receiver</i> DMR <i>Mobile Rig 1 dan 2</i>	25 W (43,9 dBm = 13,9 dB)
Rugi Pada Kabel Antena <i>Transmitter Repeater</i>	0,9 dB
Rugi Pada Kabel Antena <i>Receiver</i> DMR HT	0 dB
Rugi Pada Kabel Antena <i>Receiver</i> <i>Mobile Rig 1 dan 2</i>	1,06 dB
Tinggi Antena <i>Transmitter</i>	15 m
Tinggi Antena <i>Receiver</i> DMR HT	1,5 m
Tinggi Antena <i>Receiver</i> DMR <i>Mobile Rig 1 dan 2</i>	4 m
Penguatan Antena <i>Transmitter</i>	12,1 dBi (9,95 dBd)
Penguatan Antena <i>Receiver</i> DMR HT	2 dBi (-0,15 dBd)
Penguatan Antena <i>Receiver</i> DMR <i>Mobile Rig 1 dan 2</i>	6 dBi (3,85 dBd)
<i>Pathloss</i> Base Station to DMR HT Titik 1	124,0 dB
<i>Pathloss</i> Base Station to DMR HT Titik 2	122,3 dB
<i>Pathloss</i> Base Station to DMR HT Titik 3	150,3 dB
<i>Pathloss</i> Base Station to DMR HT Titik 4	114,3 dB

*Pathloss* Base Station to DMR HT Titik 5 196,0 dB

Titik 5

*Pathloss* Base Station to DMR *Mobile Rig 1* 92,5 dB

*Mobile Rig 1*

*Pathloss* Base Station to DMR *Mobile Rig 2* 102,1 dB

*Mobile Rig 2*

Pada tabel 1, merupakan data konfigurasi perangkat keras maupun komponen yang didapatkan dari hasil pengaturan perangkat serta perhitungan rugi-rugi di lokasi penelitian.

Dalam penelitian yang dilakukan, hasil kalkulasi radio dibagi menjadi tiga kategori, antara lain warna hijau merupakan sinyal terkuat dengan kategori “sangat baik” untuk kekuatan sinyal  $RSSI \geq -40$  dBm, warna kuning merupakan sinyal dengan kategori “baik” untuk kekuatan sinyal  $RSSI \geq -90$  dBm, dan warna merah dengan kategori “kurang baik” untuk kekuatan sinyal  $\geq -100$  dBm. Semakin kecil nilai sinyal yang diterima, semakin buruk kualitas suara serta nilai sinyal yang diterima atau *receive signal strength indicator* (RSSI). Kekuatan sinyal akan menurun, dikarenakan zona Fresnel propagasi sinyal tersebut terhalangi oleh kontur tanah maupun suatu objek di sekitar. Sinyal yang terhalangi oleh objek di zona Fresnel tersebut disebut dengan *shadowing effect* karena objek tersebut membayangi jalur transmisi serta menahan sebagian energi sinyal sehingga tidak sampai ke penerima.

## 2.2 Perhitungan Parameter *Link Budget*

Setelah memperhitungkan cakupan jangkauan yang didapatkan berdasarkan spesifikasi sistem DMR yang digunakan, dilakukan analisis parameter *link budget* guna untuk melakukan perbandingan antara data teoritikal dengan data RSSI yang didapatkan dari kalkulasi, sehingga dapat diketahui selisih pada data yang telah didapatkan. Parameter *link budget* yang akan digunakan dalam penelitian ini, antara lain *effective isotropic radiated power* (EIRP), *effective radiated power* (ERP), *free space loss* (FSL), efek propagasi, *received signal strength indicator* (RSSI), dan sensitivitas *receiver*.

### 2.2.1 *Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP)

*Effective isotropic radiated power* (EIRP) adalah ukuran yang digunakan dalam sistem komunikasi untuk menggambarkan kekuatan daya yang dipancarkan oleh antena isotropik [4], [8]. EIRP merupakan gabungan dari daya *transmitter*, penguatan antena *transmitter*, dan kerugian-kerugian yang terjadi di sepanjang konektor *transmitter* [9]. EIRP sendiri dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1 sebagai berikut :

$$EIRP = P_{Tx} + G_{Tx} - L_{Tx} \quad (1)$$

Keterangan :

- EIRP = *effective isotropic radiated power* (dBm)
- $P_{Tx}$  = daya sisi pemancar (dBm)
- $G_{Tx}$  = penguatan antena pemancar (dBi)
- $L_{Tx}$  = kerugian di konektor pemancar (dB)

### 2.2.2 *Effective Radiated Power* (ERP)

*Effective radiated power* (ERP) adalah nilai efektif daya radiasi yang menggunakan acuan antena *dipole* setengah gelombang ( $1/2 \lambda$ ) [10], [11], [12]. Satuan *dipole* memiliki nilai yang kecil sebesar 2,15 dari satuan isotropik. ERP dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2 sebagai berikut :

$$ERP = P_{Tx} + G_{Tx}(dBd) - L_{Tx} \quad (2)$$

Keterangan :

- ERP = *effective radiated power* (dBm)
- $P_{Tx}$  = daya sisi pemancar (dBm)
- $G_{Tx}$  = penguatan antena pemancar (dBd)
- $L_{Tx}$  = kerugian di konektor pemancar (dB)

Untuk mengonversi satuan isotropik (dBi) menjadi satuan *dipole* (dBd) atau pun sebaliknya, dapat menggunakan persamaan 3 dan 4 sebagai berikut :

$$dBd = dBi - 2,15 \quad (3)$$

$$dBi = dBd + 2,15 \quad (4)$$

### 2.2.3 *Free Space Loss* (FSL)

*Free space loss* (FSL) adalah parameter yang menunjukkan berkurangnya kekuatan sinyal pada propagasi sinyal di ruang bebas, yang dipengaruhi oleh besarnya jarak maupun frekuensi sistem yang digunakan [13], [14]. FSL dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 5 sebagai berikut :

$$FSL = 32,45 + 20 \log f + 20 \log d \quad (5)$$

Keterangan :

- FSL = *free space loss*
- 32,45 = konstanta hasil dari penurunan matematis dari persamaan Friis serta konversi satuan jarak km dan frekuensi MHz
- f = frekuensi sistem (MHz)
- d = jarak antara pemancar dengan penerima (Km)

### 2.2.4 *Efek Propagasi*

Efek propagasi adalah fenomena dalam proses dari propagasi gelombang radio dari antena *transmitter* ke antena *receiver* di medium udara, yang mempengaruhi kualitas sinyal yang diterima. Pada efek propagasi, akan dianalisa pengaruh-pengaruh yang berdampak terhadap kekuatan sinyal yang diterima di lokasi penempatan layanan *trunking* tersebut. [4], [13], [15]

### 2.2.5 *Received Signal Strength Indicator* (RSSI)

*Received signal strength indicator* (RSSI) adalah indikator yang digunakan untuk mengukur kualitas atau kekuatan sinyal yang dapat diterima di sisi penerima, berdasarkan di suatu jangkauan tertentu [16], [7], [17]. RSSI dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 6 sebagai berikut :

$$RSSI = (P_{Tx} + G_{Tx} - L_{Tx}) - Pathloss + G_{Rx} - L_{Rx} \quad (6)$$

Keterangan :

- RSSI = *received signal strength indicator* (dBm)
- $P_{Tx}$  = daya sisi pemancar (dBm)

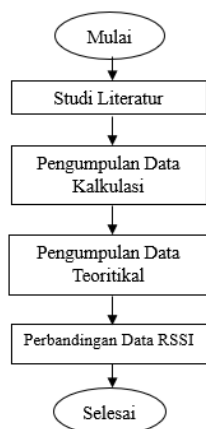
- $G_{Tx}$  = penguatan antena pemancar (dBi)
- $L_{Tx}$  = kerugian di konektor pemancar (dB)
- $Pathloss$  = total pelemahan sinyal (*attenuasi*) saat propagasi (dB)
- $G_{Rx}$  = penguatan antena penerima (dBi)
- $L_{Rx}$  = kerugian di konektor penerima (dB)

**2.2.6 Sensitivitas Receiver**

Sensitivitas receiver adalah sensitivitas kekuatan sinyal yang diterima dari perangkat DMR HT Motorola yang digunakan dalam menerima sinyal yang dikirimkan, dapat disebut dengan *threshol*d atau ambang batas perangkat tersebut. Perangkat DMR HT Motorola yang digunakan sendiri memiliki spesifikasi *threshol*d receiver sebesar -124,1 dBm sehingga nilai di bawah itu sudah dianggap sangat buruk akan kualitas nilai sinyal yang diterima. Perangkat DMR mobile rig memiliki spesifikasi *threshol*d receiver -121,42 dBm.

**2.3 Metode Perancangan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan hasil kalkulasi radio serta hasil teoritikal yang berdasarkan data asli yang digunakan di lapangan. Rancangan penelitian yang dilakukan ini dapat dilihat pada gambar 1 sebagai berikut :

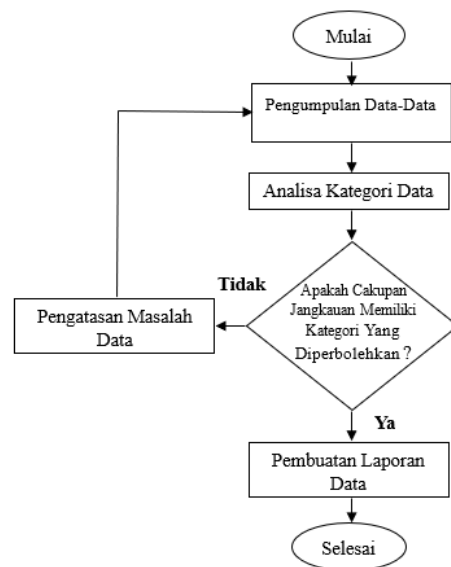


**Gambar 1.** Diagram Alir Perancangan

Pada gambar 1 merupakan diagram alir dari perancangan dari penelitian yang dilakukan, di mana meliputi studi literatur untuk mendapatkan nilai masing-masing data parameter yang dibutuhkan untuk proses selanjutnya, pengumpulan data kalkulasi dengan menggunakan perangkat lunak Radio Mobile, pengumpulan data teoritikal, dan perbandingan data RSSI dari kedua data yang didapatkan.

**2.4 Diagram Alir Pengambilan Keputusan**

Berdasarkan hasil dari data kalkulasi maupun teoritikal yang telah didapatkan akan dianalisa. Penilaian hasil data yang telah didapatkan akan dibagi menjadi tiga kategori, meliputi warna hijau yang berarti "sangat baik" untuk kekuatan sinyal -40 dBm, warna kuning yang berarti "baik" untuk kekuatan sinyal -90 dBm, dan warna merah yang berarti "kurang baik" untuk kekuatan sinyal  $\leq$  -100 dBm. Diagram alir keputusan dapat dilihat pada gambar 2 sebagai berikut :



**Gambar 2.** Diagram Alir Pengambilan Keputusan

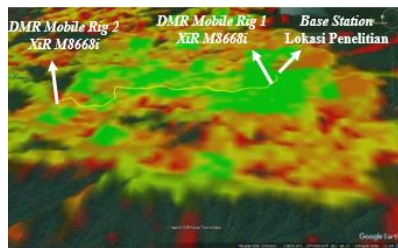
Pada gambar 2 merupakan diagram alir dalam pengambilan keputusan berdasarkan penilaian dari kategori data yang dianalisa. Apabila penilaian menghasilkan nilai yang termasuk ke dalam kategori yang tidak sesuai dengan kebutuhan untuk jangkauan tertentu, maka akan dibuatkan solusi untuk pengatasan

masalah data tersebut sesuai dengan masalah tersebut. Lalu, data akan diperbarui serta dianalisa kategori datanya. Hal tersebut akan terus dilakukan sampai nilai kekuatan sinyal sesuai dengan kebutuhan atau pun keinginan konsumen. Sebaliknya, apabila hasil penilaian analisa kategori data sudah sesuai dengan kategori yang diinginkan konsumen, maka dilanjutkan dengan pembuatan laporan data.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

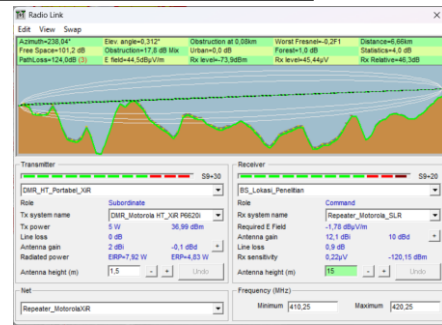
#### 3.1 Data Kalkulasi Radio

Kalkulasi radio dilakukan antara lima titik penempatan HT dan dua *mobile rig* terhadap *base station* menggunakan perangkat lunak Radio Mobile. Kalkulasi radio yang dilakukan adalah dengan menggunakan metode *point-to-point* terhadap *base station*. Tampilan hasil kalkulasi secara keseluruhan yang telah dimasukkan ke Google Earth dapat dilihat pada gambar 3 sebagai berikut :



**Gambar 3.** Tampilan Hasil Kalkulasi Secara Keseluruhan

Pada gambar 3 merupakan hasil kalkulasi radio secara keseluruhan. Hasil kalkulasi tersebut dilakukan dari 0,001 sampai 200 km, dengan hasil analisa kategori data yang sudah sesuai dengan kategori yang dibutuhkan oleh konsumen. Tampilan metode pengukuran *point-to-point* dengan perangkat lunak Radio Mobile sendiri dapat dilihat pada gambar 4 sebagai berikut :



**Gambar 4.** Tampilan Hasil Kalkulasi Radio Dengan Radio Mobile Pada HT titik ke-1 Terhadap *Base Station*

Pada gambar 4 merupakan tampilan hasil kalkulasi radio yang didapatkan pada HT titik ke-1 terhadap *base station*. Hasil menunjukkan nilai kategori yang sangat baik dengan kekuatan sinyal  $-73,9$  dBm, disebabkan oleh terhalangnya zona Fresnel oleh kontur tanah. Hasil kalkulasi radio pada HT dan *mobile rig* terhadap *base station* dapat dilihat pada tabel 2 sebagai berikut :

**Tabel 2.** Data Kalkulasi Radio

Parameter	Titik Penempatan HT					<i>Mobile Rig</i>		<i>Repeater</i>
	1 (6,66 km)	2 (12,37 km)	3 (28,35 km)	4 (15,70 km)	5 (21,78 km)	1 (0,66 km)	2 (4,80 km)	
EIRP	38,99 dBm	38,99 dBm	38,99 dBm	38,99 dBm	38,99 dBm	48,92 dBm	48,92 dBm	58,6 dBm
ERP	36,83 dBm	36,83 dBm	36,83 dBm	36,83 dBm	36,83 dBm	46,77 dBm	46,77 dBm	56,45 dBm
FSL	101, dB	106,77 dB	113,97 dB	108,84 dB	111,68 dB	81,2 dBm	98,4 dBm	-
RSSI	-63,4 dBm	-61,87 dBm	-89,77 dBm	-53,84 dBm	-135,58 dBm	-28,96 dBm	-38,56 dBm	-

Pada tabel 2 merupakan data hasil kalkulasi radio secara keseluruhan dari HT dan *mobile rig* terhadap *base station*. Rata-rata hasil menunjukkan nilai RSSI dengan kategori “baik”, yaitu  $RSSI > -90$  dBm untuk HT di lima titik lokasi tersebut, sedangkan untuk *mobile rig* menunjukkan nilai RSSI dengan kategori “sangat baik”, yaitu  $RSSI > -40$  dBm. Pada titik penempatan HT ke-5 tidak termasuk ke dalam kategori, dikarenakan nilai kekuatan sinyal tidak dapat diterima berdasarkan kategori penilaian kekuatan sinyal. Selain itu, pada hasil parameter FSL menunjukkan hasil yang akan bertambah besar secara logaritmik terhadap bertambahnya jarak, dikarenakan bertambahnya redaman sinyal akibat penyebaran gelombang radio di ruang bebas seiring bertambahnya jarak transmisi. Begitu pun juga terhadap parameter RSSI akan

menurun kekuatan sinyalnya, apabila jarak bertambah serta terdapatnya objek yang menghalangi jalur transmisi.

### 3.2 Data Teoritik

Pengujian secara teoritik dilakukan dengan menggunakan data pada tabel 1 yang dimasukkan ke dalam persamaan-persamaan analisa *link budget* sebelumnya.

#### 3.2.1 Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

EIRP dari masing-masing perangkat komunikasi radio yang digunakan memiliki nilai yang berbeda. EIRP dari masing-masing perangkat layanan *trunking* yang digunakan, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1 sehingga didapatkan hasil EIRP sebagai berikut :

EIRP Repeater SLR 5300

$$\begin{aligned} EIRP &= P_{Tx} + G_{Tx} - L_{Tx} \quad (1) \\ &= 47,4 \text{ dBm} + 12,1 \text{ dBi} \\ &\quad - 0,9 \text{ dB} = 58,6 \text{ dBm} \end{aligned}$$

EIRP Mobile Rig

$$\begin{aligned} EIRP &= P_{Tx} + G_{Tx} - L_{Tx} \quad (1) \\ &= 43,9 \text{ dBm} + 6 \text{ dBi} \\ &\quad - 1,06 \text{ dB} = 48,84 \text{ dBm} \end{aligned}$$

EIRP HT

$$\begin{aligned} EIRP &= P_{Tx} + G_{Tx} - L_{Tx} \quad (1) \\ &= 36,9 \text{ dBm} + 2 \text{ dBi} - 0 \text{ dB} \\ &= 38,9 \text{ dBm} \end{aligned}$$

#### 3.2.2 Effective Radiated Power (ERP)

ERP dari masing-masing perangkat layanan *trunking* yang digunakan, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2 sehingga didapatkan hasil ERP sebagai berikut :

ERP Repeater SLR 5300

$$\begin{aligned} ERP &= P_{Tx} + G_{Tx}(dBd) - L_{Tx} \quad (2) \\ &= 47,4 \text{ dBm} + 9,95 \text{ dBd} \\ &\quad - 0,9 \text{ dB} = 56,45 \text{ dBm} \end{aligned}$$

ERP Mobile Rig

$$\begin{aligned} ERP &= P_{Tx} + G_{Tx}(dBd) - L_{Tx} \quad (2) \\ &= 43,9 \text{ dBm} + 3,85 \text{ dBd} \\ &\quad - 1,06 \text{ dB} = 46,69 \text{ dBm} \end{aligned}$$

ERP HT

$$\begin{aligned} ERP &= P_{Tx} + G_{Tx}(dBd) - L_{Tx} \quad (2) \\ &= 36,9 \text{ dBm} + (-0,15) \text{ dBd} \\ &\quad - 0 \text{ dB} = 36,75 \text{ dBm} \end{aligned}$$

#### 3.2.3 Free Space Loss

FSL dari setiap lokasi penempatan perangkat komunikasi akan memiliki nilai yang berbeda-beda akibat dari masing-masing jaraknya yang berbeda pada penelitian ini. Dengan menggunakan persamaan 5, FSL pada HT dan *mobile rig* terhadap *base station* dapat dihitung menggunakan persamaan 7 di bawah ini sebagai berikut :

$$\begin{aligned} FSL &= 32,45 + 20 \log f + 20 \log d \quad (5) \\ &= 32,45 + 20 \log 420,25 \\ &\quad + 20 \log d \\ &= 84,92 + 20 \log d \quad (7) \end{aligned}$$

Persamaan 7 merupakan persamaan yang dapat digunakan untuk mencari nilai FSL pada masing-masing HT di lima titik lokasi terhadap *base station* tersebut. Berikut adalah perhitungan FSL untuk HT titik ke-1 dengan jarak 6,66 km, dengan menggunakan persamaan di atas sebagai berikut :

$$\begin{aligned} FSL_{HT \text{ titik ke-1}} &= 84,92 + 20 \log d = 84,92 \\ &\quad + 20 \log 6,66 \\ &= 84,92 + 16,469 \\ &= 101,39 \text{ dBm} \end{aligned}$$

FSL HT di titik ke-1 memiliki nilai sebesar 101,39 dB. Dengan menggunakan persamaan 7, berikut adalah hasil teoritik FSL di keseluruhan titik HT dan *mobile rig* terhadap *base station* dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut :

**Tabel 3. Data Teoritik FSL**

Parameter	Jarak (km)	FSL (dB)
HT <sub>d1</sub>	6,66	101,39
HT <sub>d2</sub>	12,37	106,77
HT <sub>d3</sub>	28,35	113,97
HT <sub>d4</sub>	15,70	108,84
HT <sub>d5</sub>	21,78	111,68
Mobile Rig 1	0,66	81,31
Mobile Rig 2	4,80	98,54

Pada tabel 3 merupakan nilai FSL yang didapatkan dari masing-masing titik lokasi perangkat HT dan *mobile rig*. Hasil menunjukkan bahwa nilai FSL akan bertambah seiring bertambahnya jarak, dikarenakan FSL akan bertambah secara logaritmik terhadap frekuensi dan jarak perangkat komunikasi tersebut.

**3.2.4 Received Signal Strength Indicator (RSSI)**

RSSI dari perangkat *receiver* yang digunakan pada layanan *trunking* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 6, sehingga nilai RSSI untuk HT dapat dihitung menggunakan persamaan 8 di bawah ini sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 RSSI &= (P_{Tx} + G_{Tx} - L_{Tx}) - Pathloss \\
 &\quad + G_{Rx} - L_{Rx} \quad (6) \\
 &= (47,4 + 12,1 - 0,9) \\
 &\quad - Pathloss + 2 - 0 \\
 &= 60,6 - Pathloss \quad (8)
 \end{aligned}$$

Persamaan 8 dapat digunakan untuk mencari nilai RSSI pada perangkat HT terhadap *base station*. Dengan menggunakan persamaan 8, berikut adalah RSSI pada HT titik ke-1 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 RSSI_{HT_{d1}} &= 60,6 - Pathloss \quad (8) \\
 &= 60,6 \\
 &\quad - (Free Space Loss \\
 &\quad + Shadowing Effect \\
 &\quad + Forest Loss \\
 &\quad + Statistic Loss \\
 &\quad + Urban Loss) \\
 &= 60,6 \\
 &\quad - (101,2 + 17,8 + 1 + 4 \\
 &\quad + 0) = -63,4 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

RSSI untuk HT di titik ke-1 memiliki nilai sebesar -63,4 dBm yang termasuk ke dalam kategori “baik”. Dengan menggunakan persamaan 6 sebelumnya, nilai RSSI untuk *mobile rig* dapat dihitung menggunakan persamaan 9 di bawah ini sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 RSSI &= (P_{Tx} + G_{Tx} - L_{Tx}) - Pathloss \\
 &\quad + G_{Rx} - L_{Rx} \quad (6) \\
 &= (47,4 + 12,1 - 0,9) \\
 &\quad - Pathloss + 6 - 1,06 \\
 &= 63,54 - Pathloss \quad (9)
 \end{aligned}$$

Persamaan 9 merupakan persamaan yang dapat digunakan untuk mencari nilai RSSI untuk *mobile rig*. Dengan menggunakan persamaan 9, berikut adalah RSSI untuk *mobile rig* 1 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 RSSI_{MR_1} &= 63,54 - Pathloss \quad (9) \\
 &= 63,54 \\
 &\quad - (FSL \\
 &\quad + Shadowing Effect \\
 &\quad + Forest Loss \\
 &\quad + Statistic Loss \\
 &\quad + Urban Loss) \\
 &= 63,54 \\
 &\quad - (81,2 + 6,1 + 1 + 4,2) \\
 &= -28,96 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

RSSI *mobile rig* 1 memiliki nilai sebesar -28,96 dBm yang termasuk ke dalam kategori “sangat baik”. Data RSSI secara keseluruhan untuk masing-masing HT dan *mobile rig* terhadap *base station* dapat dilihat pada tabel 4 sebagai berikut :

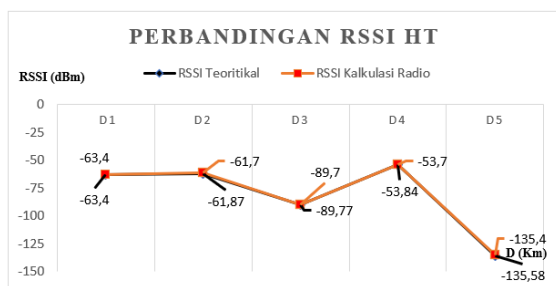
**Tabel 4. Data Teoritikal RSSI**

Parameter	Jarak (km)	RSSI (dBm)
HT <sub>d1</sub>	6,66	-63,4
HT <sub>d2</sub>	12,37	-61,87
HT <sub>d3</sub>	28,35	-89,77
HT <sub>d4</sub>	15,70	-53,84
HT <sub>d5</sub>	21,78	-135,58
Mobile Rig 1	0,66	-28,96
Mobile Rig 2	4,80	-38,56

Pada tabel 4 merupakan nilai RSSI yang didapatkan dari masing-masing perangkat *receiver* dari layanan *trunking* yang terdiri dari HT dan *mobile rig*. Hasil menunjukkan semakin bertambahnya jarak, nilai RSSI akan semakin menurun sehingga performa kualitas sinyal yang akan diterima oleh perangkat tersebut kurang baik. Selain itu, faktor *pathloss* atau rugi-rugi redaman sinyal yang terjadi di sepanjang jalur transmisi juga mempengaruhi menurunnya nilai RSSI, begitu pun juga dengan rugi-rugi yang terjadi di sepanjang kabel antena perangkat *receiver*. Untuk mengatasi masalah tersebut, dapat meningkatkan penguatan perangkat atau pun menggunakan kabel dengan bahan yang lebih tahan terhadap redaman.

**3.3 Perbandingan Data RSSI**

Perbandingan data RSSI pada kalkulasi radio dengan teoritikal yang telah didapatkan dapat dilihat pada gambar 5 sebagai berikut :



**Gambar 5.** Perbandingan Data Kalkulasi Dengan Data Teoritikal RSSI

Pada gambar 5 merupakan grafik perbandingan antara data kalkulasi radio yang dilakukan dengan data teoritikal yang telah dicari sebelumnya. Hasil menunjukkan terdapat perbedaan nilai, dikarenakan penggunaan perangkat lunak kalkulasi memiliki tingkat presisi yang berbeda. Namun, hal tersebut tidak dianggap sebagai masalah, dikarenakan memiliki selisih yang kecil.

**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan data dari hasil pengukuran kalkulasi dan teoritikal dari sistem komunikasi layanan *trunking* di PT Primacom Interbuana, berikut adalah kesimpulan dari hasil penelitian tersebut, antara lain :

1. Semakin jauh jarak perangkat HT maupun *mobile rig* terhadap *base station*, membuat nilai FSL dan *pathloss* meningkat sehingga menurunkan kualitas sinyal (RSSI). Pada titik menengah sekitar 6-15 km, kualitas sinyal yang dihasilkan berada di kategori “sangat baik” hingga “baik”.
2. Faktor lingkungan pada jalur transmisi atau zona Fresnel menjadi penyebab utama terjadinya penurunan kualitas sinyal sehingga terjadinya *shadowing effect*.
3. Hasil yang didapatkan dari kalkulasi radio dan teoritikal memiliki nilai dengan selisih yang kecil. Hal tersebut dikarenakan pada hasil perangkat lunak terjadi pembulatan angka.
4. Untuk mengatasi masalah terhalangi zona Fresnel akibat faktor lingkungan, dapat dilakukan dengan mengatur ketinggian antena, sedangkan untuk menambah cakupan jangkauan, dapat menambahkan daya *repeater* agar penguatan sinyal transmisi tersebut lebih besar.

**5. DAFTAR PUSTAKA**

[1] Primacom.com, “PT Primacom Interbuana,” primacom.com. [Online]. Available: <https://www.google.com/url?sa=i&url=http>

- s%3A%2F%2Fprimacom.com%2Fnews%2Ftag%2Fprimacom-interbuana%2F&psig=AOvVaw0RGCQx9nGDWw\_hWB7JdaYs&ust=1756520816096000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBgQjhxqFwoTCMjUgYz8ro8DFQAAAAAdAAAAABAE
- [2] Hytera.us, “The Features and Benefits of The DMR Radio Standard,” hytera.us. Accessed: Jul. 31, 2025. [Online]. Available: <https://www.hytera.us/resources/dmr-digital-mobile-radio-standard/>
- [3] A. Setiawan, *Hytera Digital Mobile Radio*. 2025.
- [4] M. A. S. Firmansyah, D. A. Feryando, and A. P. E. Wibowo, *Comparative Analysis of DMR (Digital Mobile Radio) Tier 3 Performance Based on RSSI Parameters at the Rammang-Rammang Site*, vol. 2023, no. Icoart 2023. Atlantis Press International BV, 2024. doi: 10.2991/978-94-6463-384-9\_16.
- [5] S. Nofal, “On The Time Complexity of Achieving Optimal Throughput in Time Division Multiple Access Communication Networks,” *AIMS Math.*, vol. 9, no. 5, pp. 13522–13536, 2024, doi: 10.3934/math.2024659.
- [6] F. ROFII, F.- HUNAINI, and S. SHOLAWATI, “Kinerja Jaringan Komunikasi Nirkabel Berbasis Xbee pada Topologi Bus, Star dan Mesh,” *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 6, no. 3, p. 393, 2018, doi: 10.26760/elkomika.v6i3.393.
- [7] B. B. Rijadi and A. R. Machdi, “Distance Testing On Point To Point Communication With Lora Basd On Rssi And Log Normal Shadowing Model,” *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 89–93, 2024.
- [8] C. Di Paola *et al.*, “Network-Based Assessment of Actual EIRP of 5G Base Stations in a Stadium With 100 000 People and Implications on EMF Compliance,” *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 24, no. 1, pp. 242–246, 2025, doi: 10.1109/LAWP.2024.3493252.
- [9] O. : Fikri, B. Alfian, P. Studi Teknik, M. Fakultas, T. Mesin, and D. Dirgantara, “Analisis Nilai Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) Tiga Sistem Jaringan (2g, 3g, Cdma) Pada Perangkat Multi Network Tugas,” 2012.
- [10] Ib-lenhardt.com, “Effective Radiated Power (ERP),” ib-lenhardt.com. Accessed: Sep. 13, 2025. [Online]. Available: <https://ib-lenhardt.com/kb/glossary/erp>
- [11] K. Kvist, S. V. Sorokin, and J. B. Larsen, “Radiation Efficiency Varying Equivalent Radiated Power,” *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 157, no. 1, pp. 169–177, Jan. 2025, doi: 10.1121/10.0034838.
- [12] Y. Yamanaka and A. Sugiura, “Measurements of Effective Radiated Power From V/UHF Antenna by Means of In-Phase Synthetic Method,” pp. 1–6, Sep. 2016, doi: 10.1109/isemc2.1984.7567997.
- [13] T. Jawhly, “Analysis of The Fresnel Breakdown and Diffraction Losses Across a Hilly Terrain Region,” *Discov. Electron.*, vol. 2, no. 1, 2025, doi: 10.1007/s44291-025-00075-w.
- [14] Y. M. C. Jourdan and L. Y.S, “Case Study: Free Space Path Loss for Mobile Network and WLAN,” *Adv. Sustain. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–9, 2022, doi: 10.58915/aset.v1i2.13.
- [15] B. Shi, “An Overview of Wireless Communication Propagation Models,” *Appl. Comput. Eng.*, vol. 119, no. 1, pp. 89–94, 2025, doi: 10.54254/2755-2721/2025.21639.
- [16] N. A. Hidayat, U. K. Usman, and A. Indrayanto, “Analisis Performansi Teknologi Radio Trunking Digital Studi Kasus PT Pelindo II Tanjung Priok Jakarta Utara,” *Semin. Nas. Apl. Teknol. Inf.*, pp. 1–7, 2020.
- [17] Bloko Budi Rijadi, Agustini Rodiah Machdi, and Aris Suryadi, “Design of Axial Mode Helix Antenna for Performance Improvement in LoRa 915 MHz Point to Point Communication,” *J. Fokus Elektroda Energi List. Telekomun. Komputer, Elektron. dan Kendali*, vol. 10, no. 3, pp. 68–71, 2025, doi: 10.33772/jfe.v10i3.1043.