

**RANCANG BANGUN MODEL KOMPUTASI
PERAMBATAN GELOMBANG RADIO TIGA
DIMENSI MENGGUNAKAN METODE UTD
MODIFIKASI**

SKRIPSI

Oleh

DWI PUTRI P.
04 04 03 0342



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

**RANCANG BANGUN MODEL KOMPUTASI
PERAMBATAN GELOMBANG RADIO TIGA
DIMENSI MENGGUNAKAN METODE UTD
MODIFIKASI**

SKRIPSI

Oleh

DWI PUTRI P.
04 04 03 0342



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

RANCANG BANGUN MODEL KOMPUTASI PERAMBATAN GELOMBANG RADIO TIGA DIMENSI MENGGUNAKAN METODE UTD MODIFIKASI

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada program studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 25 Juli 2008

(Dwi Putri P.)

NPM 04 04 03 0342

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

RANCANG BANGUN MODEL KOMPUTASI PERAMBATAN GELOMBANG RADIO TIGA DIMENSI MENGGUNAKAN METODE UTD MODIFIKASI

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada program studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan disetujui untuk diajukan dalam sidang skripsi.



Depok, 25 Juli 2008

Pembimbing,

Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng

NIP 131 944 413

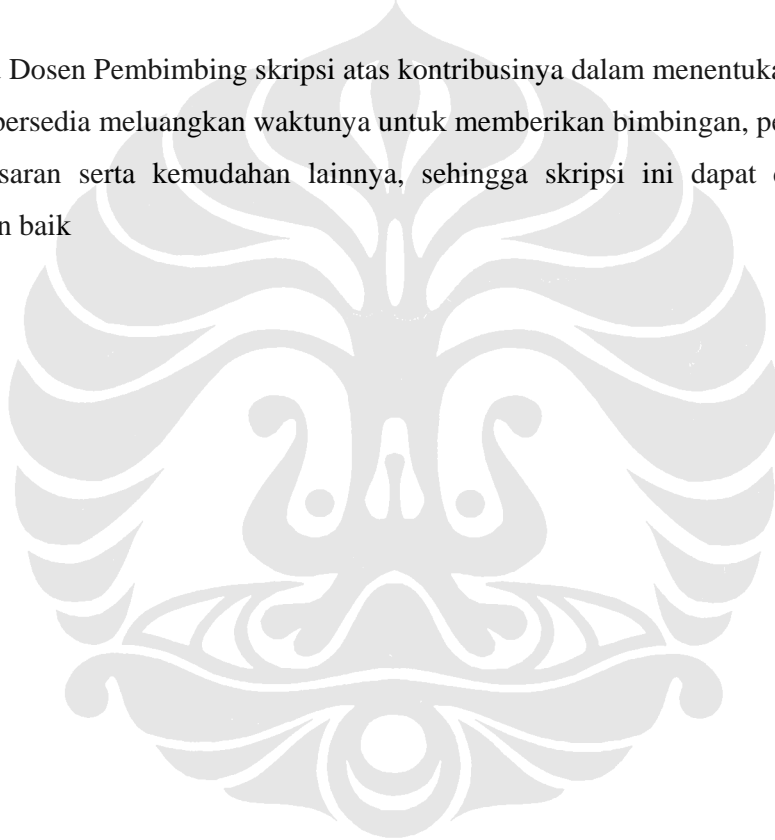
UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng

Dr. Ir. Arman Djohan D., M.Eng

selaku Dosen Pembimbing skripsi atas kontribusinya dalam menentukan judul dan telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, petunjuk, dan saran-saran serta kemudahan lainnya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik



Dwi Putri P.
NPM 04 04 03 0342
Departemen Teknik Elektro

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng

**RANCANG BANGUN MODEL KOMPUTASI PERAMBATAN
GELOMBANG RADIO 3 DIMENSI MENGGUNAKAN METODE UTD
MODIFIKASI**

ABSTRAK

Komunikasi bergerak adalah teknologi telekomunikasi yang banyak memberikan kemudahan kepada penggunaanya dalam berkomunikasi. Perencanaan dalam penempatan *Base Transceiver Station* (BTS) harus direncanakan sebaik mungkin untuk memperkecil kemungkinan terdapatnya daerah lubang (*blank-spot*) pada daerah dimana BTS akan ditempatkan.

Pendeteksian daerah lubang menggunakan komputer dapat mempermudah proses perencanaan penempatan BTS di daerah pegunungan. Di dalam penelitian ini, dirancang perangkat lunak untuk mendeteksi daerah lubang sesuai dengan spesifikasi BTS. Selain itu simulasi letak ponsel terhadap BTS juga dapat diperhitungkan agar diketahui apakah ponsel tersebut dapat mengirimkan sinyalnya kepada BTS.

Pendeteksian daerah lubang dilakukan dengan menghitung besarnya kuat medan yang diterima oleh penerima dengan menggunakan metode UTD (*Uniform Theory of Diffraction*). Hasil perhitungan ditampilkan dalam peta dua dimensi daerah pegunungan dengan kawasan berwarna hitam sebagai indikasi daerah lubang dan warna putih sebagai daerah jangkauan komunikasi. Faktor yang memengaruhi luas daerah lubang adalah: nilai *Effective Isotropic Radiated Power*-EIRP berbanding terbalik dengan jumlah daerah lubang, sensitivitas antena berbanding lurus dengan jumlah daerah lubang. Sementara ketinggian antena BTS tidak terlalu signifikan pengaruhnya terhadap jumlah daerah lubang yang muncul.

Kata kunci : Komunikasi bergerak, BTS, Daerah lubang, UTD modifikasi, Kuat medan

Dwi Putri P.
NPM 04 04 03 0342

Department of Electrical Engineering

Supervisor

Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng

**DESIGN AND CONSTRUCTION OF THREE DIMENSION RADIO
WAVE PROPAGATION USING MODIFIED UTD METHOD**

ABSTRACT

Mobile communication is a technology that makes communication easier. Network planning must be performed carefully to reduce the probability of blank spot in an area which Base Transceiver Station (BTS) is placed.

Detection of blank spots in mountainous area using computer simplifies the placement BTS in network planning. In this research, a simulation software is built to detect blank spots. The simulation covers blank spots detection in the BTS coverage and signal detection from mobile phone.

Blank spots was detected by calculating the field intensity received by the mobile phone using Modified UTD (*Uniform Theory of Diffraction*) method. The output of the simulation is an image consisted of two colours, black and white, which represented the blank spot and receiving areas, respectively. The larger antenna sensitivity, resulted in smaller area of blank spots, while EIRP and. While the height of BTS antenna was not so significant to determine the area of blank spots.

Keyword : Blank-spots, BTS, Modified UTD, Field intensity

DAFTAR ISI

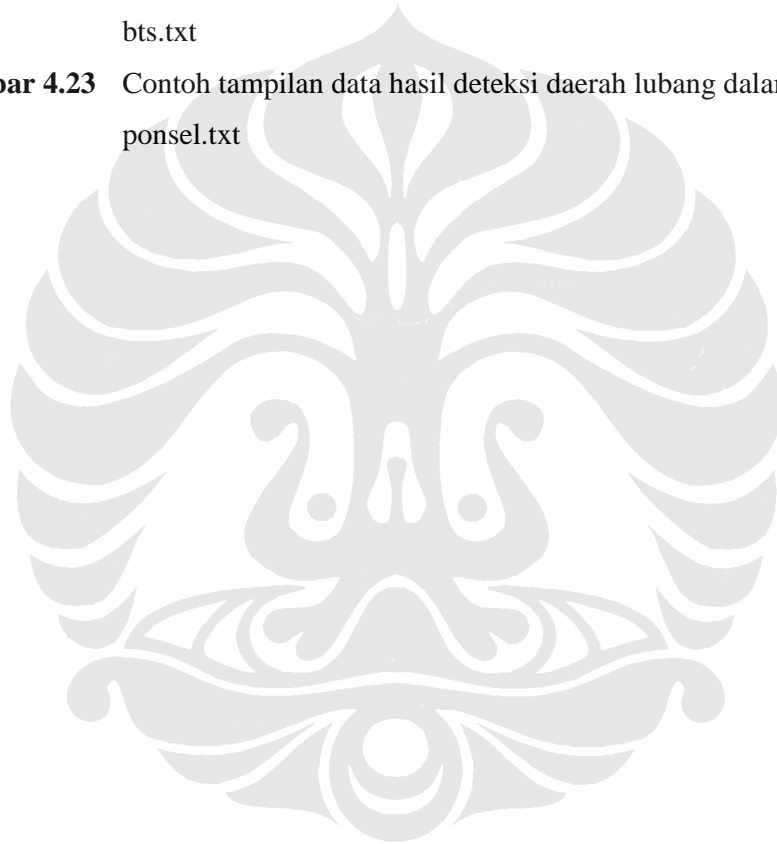
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SINGKATAN	xiii
DAFTAR ISTILAH	xiv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG MASALAH	1
1.2 TUJUAN	2
1.3 BATASAN MASALAH	2
1.4 METODOLOGI	2
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN	3
BAB II	4
<i>UNIFORM THEORY OF DIFFRACTION</i>	4
2.1 DIFRAKSI GELOMBANG	4
2.2 <i>UNIFORM THEORY OF DIFFRACTION</i>	5
2.3 MODIFIKASI UNIFORM THEORY OF DIFFRACTION	8
2.4 <i>RAY TRANSPORTATION MATRIX</i>	10
BAB III	12
PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK	12
3.1 PEMBACAAN PETA TOPOGRAFI	14
3.1.1 Pemayaran (<i>Scanning</i>) Peta Topografi	14
3.1.2 Pengambilan Data Ketinggian	15
3.1.3 Modifikasi Profil Dataran	16
3.2 PERHITUNGAN KUAT MEDAN	20
3.3 TAMPILAN HASIL PERHITUNGAN KUAT MEDAN	21
3.4 TAMPILAN AWAL PERANGKAT LUNAK	22
BAB IV	24

DETEKSI DAERAH LUBANG	24
4.1 UJI COBA DETEKSI DAERAH LUBANG DARI SISI BTS	24
4.1.1 EIRP BTS	25
4.1.2 Sensitivitas Antena Ponsel	30
4.1.3 Tinggi Menara BTS	34
4.2 UJI COBA DETEKSI DAERAH LUBANG DARI SISI PONSEL	39
4.2.1 EIRP Ponsel	39
4.2.2 Sensitivitas Antena BTS	43
4.3 ANALISIS HASIL UJI COBA PENDETEKSIAN DAERAH LUBANG	48
4.3.1 Analisis Deteksi Daerah lubang Dengan Merubah EIRP BTS	50
4.3.2 Analisis Deteksi Daerah lubang Dengan Merubah Sensitivitas Antena Ponsel	51
4.3.3 Analisis Deteksi Daerah lubang Dengan Merubah Tinggi menara BTS	52
4.3.4 Analisis Deteksi Daerah lubang Dengan Merubah EIRP Ponsel	53
4.3.5 Analisis Deteksi Daerah lubang Dengan Merubah Sensitivitas Antena BTS	55
BAB V	57
KESIMPULAN	57
DAFTAR ACUAN	58
DAFTAR PUSTAKA	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Difraksi gelombang radio pada daerah pegunungan	5
Gambar 2.2	Representasi tinggi pada peta topografi untuk menentukan ϕ, ϕ', L	10
Gambar 2.3	Jalur propagasi gelombang pada halangan <i>wedge</i> .	11
Gambar 3.1	Diagram alir proses pendeteksian daerah lubang dengan UTD.	13
Gambar 3.2	Proses pemayaran peta topografi.	14
Gambar 3.3	Modifikasi profil permukaan dataran menjadi <i>wedge</i> tunggal.	16
Gambar 3.4	Tampilan awal program untuk mendeteksi daerah lubang	22
Gambar 4.1	Peta topografi	25
Gambar 4.2	Letak BTS dan ponsel dengan EIRP BTS 60.2 dBm	26
Gambar 4.3	Hasil uji coba ketika EIRP BTS 60.2dBm	26
Gambar 4.4	Letak BTS dan ponsel dengan EIRP BTS 50.2 dBm	28
Gambar 4.5	Hasil uji coba ketika EIRP BTS 50.2dBm	28
Gambar 4.6	Letak BTS dan ponsel ketika sensitivitas antena ponsel -102 dBm	30
Gambar 4.7	Hasil uji coba ketika sensitivitas antena ponsel -102 dBm	31
Gambar 4.8	Letak BTS dan ponsel ketika sensitivitas antena ponsel -104 dBm	32
Gambar 4.9	Hasil uji coba ketika sensitivitas antena ponsel -104 dBm	33
Gambar 4.10	Letak BTS dan ponsel ketika tinggi menara BTS 50 meter	35
Gambar 4.11	Hasil uji coba ketika tinggi menara BTS 50 meter	35
Gambar 4.12	Letak BTS dan ponsel ketika tinggi menara BTS 20 meter	37
Gambar 4.13	Hasil uji coba ketika tinggi menara BTS 20 meter	37
Gambar 4.14	Letak BTS dan ponsel ketika EIRP ponsel 40 dBm.	40
Gambar 4.15	Hasil uji coba ketika EIRP ponsel 40 dBm.	40
Gambar 4.16	Letak BTS dan ponsel ketika EIRP ponsel 30 dBm	42

Gambar 4.17	Hasil uji coba ketika EIRP ponsel 30 dBm	42
Gambar 4.18	Letak BTS dan ponsel ketika sensitivitas antenna BTS -104 dBm.	44
Gambar 4.19	Hasil uji coba ketika sensitivitas antenna BTS -104 dBm.	44
Gambar 4.20	Letak BTS dan ponsel ketika sensitivitas antenna BTS -100 dBm.	46
Gambar 4.21	Hasil uji coba ketika sensitivitas antenna BTS -100 dBm.	46
Gambar 4.22	Contoh tampilan data hasil deteksi daerah lubang dalam <i>file</i> bts.txt	49
Gambar 4.23	Contoh tampilan data hasil deteksi daerah lubang dalam <i>file</i> ponsel.txt	49



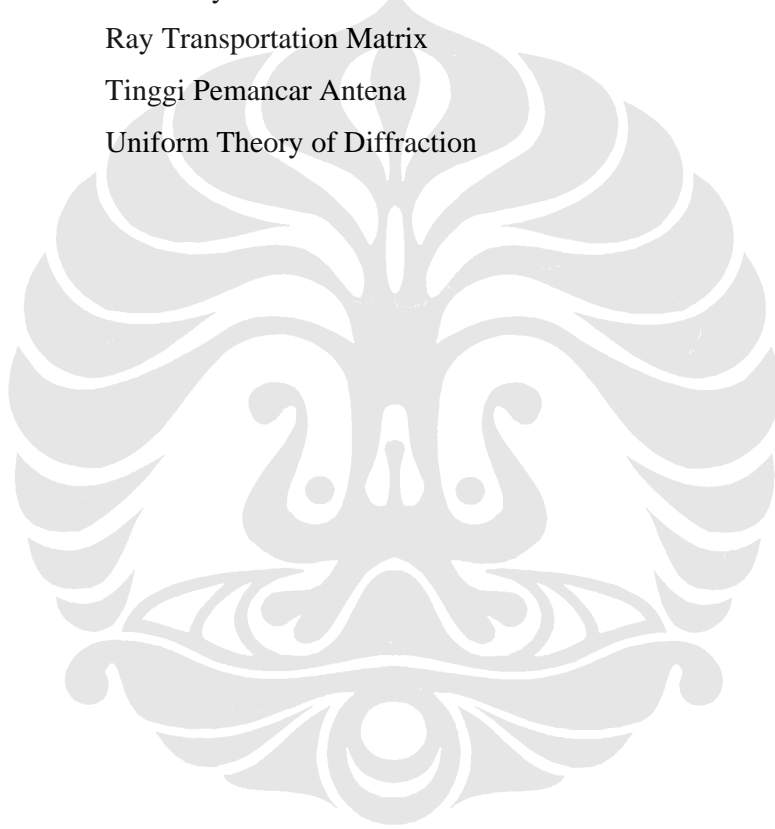
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Data numerik dari Fungsi Transisi $F(X)$ pada interval $0.3 \leq x \leq 5.5$	7
Tabel 2.2	Berbagai nilai $2n$ untuk berbagai harga α	9
Tabel 4.1	Data BTS dan ponsel dengan EIRP BTS 60.2 dBm	26
Tabel 4.2	Data hasil deteksi daerah lubang dengan EIRP BTS 60.2 dBm	26
Tabel 4.3	Data BTS dan ponsel dengan EIRP BTS 50.2 dBm	28
Tabel 4.4	Data hasil deteksi daerah lubang dengan EIRP BTS 50.2 dBm	28
Tabel 4.5	Data BTS dan ponsel dengan sensitivitas antena ponsel -102 dBm	30
Tabel 4.6	Data hasil deteksi daerah lubang dengan sensitivitas antena ponsel -102 dBm	31
Tabel 4.7	Data BTS dan ponsel dengan sensitivitas antena ponsel -104 dBm	32
Tabel 4.8	Data hasil deteksi daerah lubang dengan sensitivitas antena ponsel -104 dBm	33
Tabel 4.9	Data BTS dan ponsel dengan tinggi menara BTS 50 meter	34
Tabel 4.10	Data hasil deteksi daerah lubang dengan tinggi menara BTS 50 meter	35
Tabel 4.11	Data BTS dan ponsel dengan tinggi menara BTS 20 meter	36
Tabel 4.12	Data hasil deteksi daerah lubang dengan tinggi menara BTS 20 meter	37
Tabel 4.13	Data BTS dan ponsel dengan EIRP ponsel 40 dBm.	39
Tabel 4.14	Data hasil deteksi daerah lubang dengan EIRP ponsel 40 dBm.	40
Tabel 4.15	Data BTS dan ponsel dengan EIRP ponsel 30 dBm.	41

Tabel 4.16	Data hasil deteksi daerah lubang dengan EIRP ponsel 30 dBm.	42
Tabel 4.17	Data BTS dan ponsel dengan sensitivitas antenna BTS -104 dBm.	44
Tabel 4.18	Data hasil deteksi daerah lubang dengan sensitivitas antenna BTS -104 dBm.	45
Tabel 4.19	Data BTS dan ponsel dengan sensitivitas antenna BTS -100 dBm.	46
Tabel 4.20	Data hasil deteksi daerah lubang dengan sensitivitas antenna BTS -100 dBm.	47
Tabel 4.21	Persentase jumlah daerah lubang dan daerah penangkap sinyal dari data hasil pengujian dengan mengubah EIRP BTS	51
Tabel 4.22	Persentase jumlah daerah lubang dan daerah penangkap sinyal dari data hasil pengujian dengan mengubah sensitivitas antenna ponsel	52
Tabel 4.23	Persentase jumlah daerah lubang dan daerah penangkap sinyal dari data hasil pengujian dengan mengubah tinggi menara BTS	53
Tabel 4.24	Persentase jumlah daerah lubang dan daerah penangkap sinyal dari data hasil pengujian dengan mengubah EIRP Ponsel	54
Tabel 4.25	Persentase jumlah daerah lubang dan daerah penangkap sinyal dari data hasil pengujian dengan mengubah sensitivitas antenna BTS	56

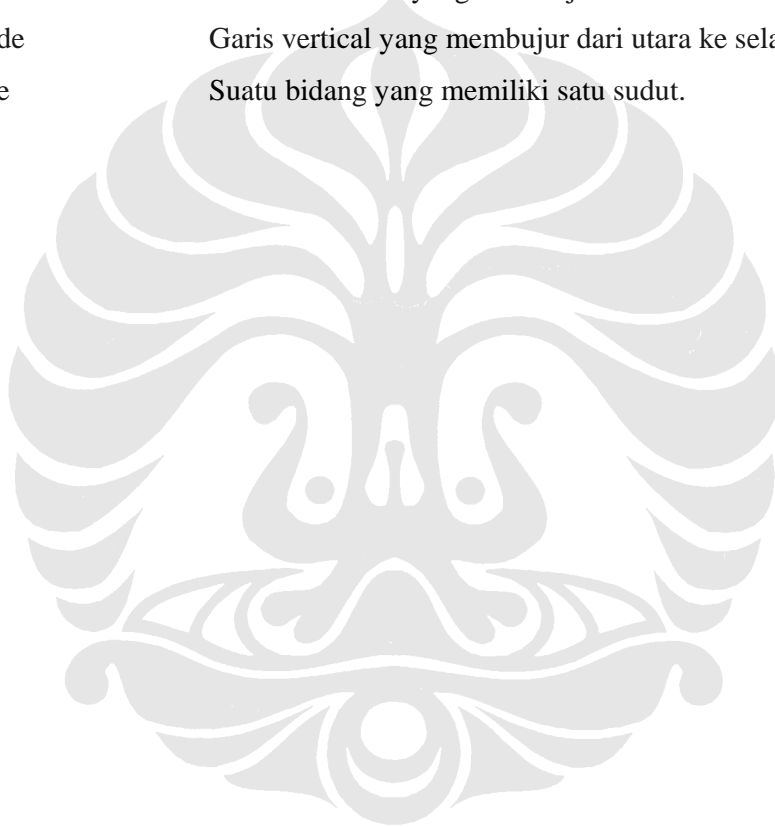
DAFTAR SINGKATAN

BTS	Base Transceiver Station
dB	Desibel
EIRP	Effective Isotropic Radiated Power
GSM	Global System for Mobile Communication
RTM	Ray Transportation Matrix
TAP	Tinggi Pemancar Antena
UTD	Uniform Theory of Diffraction



DAFTAR ISTILAH

Blank-spot	Daerah yang tidak dapat menerima sinyal.
Fading	Perubahan fase, polarisasi dan atau level dari suatu sinyal terhadap waktu.
Longitude	Garis horizontal yang membujur dari barat ke timur.
Latitude	Garis vertical yang membujur dari utara ke selatan.
Wedge	Suatu bidang yang memiliki satu sudut.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Teknologi dari bidang telekomunikasi yang saat ini mampu menawarkan kemudahan berkomunikasi dimana saja dan kapan saja adalah teknologi komunikasi bergerak. Dengan kemampuan mobilitasnya disertai dengan fitur-fitur multimedia yang cukup memuaskan pelanggan dan infrastruktur yang cukup memadai, membuat perkembangan dari teknologi komunikasi bergerak ini semakin berkembang.

Pada proses perencanaan sel dalam komunikasi bergerak, sebelum mendirikan pemancar di suatu area dilakukan pengukuran level sinyal penerimaan terlebih dahulu. Salah satu tujuan dilakukan hal ini adalah untuk mendeteksi area cakupan pemancar, sekaligus mendeteksi daerah lubang (*blank-spot*). Pendeteksian daerah lubang pada awal penempatan pemancar dapat memberikan gambaran daerah-daerah yang tidak dapat menerima sinyal, sehingga operator dapat memperbaiki spesifikasi dari pemancar tersebut agar dapat memperbaiki sinyal keluaran dari pemancar. Oleh karena itu, simulasi untuk mendeteksi daerah lubang sangat diperlukan untuk mempermudah pekerjaan dalam perencanaan sel dalam komunikasi bergerak.

Pembuatan perangkat lunak untuk mendeteksi daerah lubang didasari oleh proses perencanaan sel dalam komunikasi bergerak tersebut. Yang dilakukan oleh perangkat lunak ini adalah berupa simulasi ketika suatu pemancar dengan spesifikasi yang telah ditentukan, diletakkan pada suatu daerah. Tetapi untuk perangkat lunak ini hanya digunakan untuk mendeteksi daerah lubang untuk penempatan pemancar pada daerah pegunungan.

Untuk mendeteksi daerah lubang dapat dilakukan dengan menghitung kuat medan penerima dengan menggunakan metode *Uniform Theory of Diffraction*

(UTD), UTD Modifikasi, dan Eipstein Peterson. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ir. Arman Djohan D., M.Eng [3], diketahui bahwa untuk mendeteksi daerah gelap dengan menggunakan metode Eipsten Peterson cukup sulit dilakukan, selain itu gelombang pantul tidak diperhitungkan dalam metode ini. Sedangkan untuk metode UTD, daerah lubang dapat terdeteksi tetapi metode UTD juga tidak memperhitungkan gelombang pantul yang mungkin terjadi ketika gelombang radio berada pada daerah pegunungan. Dan metode ketiga adalah metode UTD Modifikasi. Dalam metode yang ketiga ini, daerah lubang dapat terdeteksi dan gelombang pantul juga diperhitungkan, oleh karena itu metode UTD Modifikasi adalah metode yang terbaik dari dua metode lainnya. Sehingga dalam pendeteksian daerah lubang pada skripsi ini digunakan metode UTD Modifikasi

1.2 TUJUAN

Skripsi ini bertujuan untuk rancang bangun perangkat lunak untuk mendeteksi daerah lubang pada daerah pegunungan dengan melihat perambatan propagasi gelombang radio 3-dimensi dari satu pemancar dengan menggunakan metode UTD modifikasi.

1.3 BATASAN MASALAH

Dalam skripsi ini, masalah dibatasi pada difraksi gelombang radio, pemancar BTS dan ponsel bersistem GSM, frekuensi GSM 900, Tidak memperhatikan masalah *fading*, pendeteksian daerah lubang pada daerah pegunungan, dan pendeteksian lubang dengan metode UTD Modifikasi.

1.4 METODOLOGI

Skripsi ini disusun berdasarkan data-data yang dikumpulkan dengan menggunakan metode :

1. Kepustakaan, mempelajari literatur yang diperoleh dari pembimbing skripsi maupun buku bacaan dan situs-situs internet yang mendukung.

2. Diskusi dengan pembimbing skripsi yang lebih mengetahui secara detail tentang hal-hal yang dipelajari berkaitan dengan tema skripsi.

Langkah-langkah untuk menjalankan perangkat lunak ini adalah sebagai berikut :

1. Mempelajari permukaan dataran dari daerah pegunungan yang menjadi daerah layanan BTS.
2. Menentukan letak dari BTS dan ponsel.
3. Menentukan spesifikasi dari BTS dan ponsel.
4. Menghitung koefisien difraksi dengan metode UTD Modifikasi.
5. Menghitung kuat medan penerima.
6. Menentukan titik-titik yang berkuat medan sangat rendah pada daerah layanan komunikasi bergerak sebagai daerah lubang.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Skripsi ini terdiri dari 5 bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut: Bab satu adalah pendahuluan yang membahas latar belakang pemilihan tema, latar belakang pemilihan metode, tujuan, pembatasan masalah, metodologi, dan sistematika penulisan.

Kemudian bab dua yang berjudul *Uniform Theory of Diffraction* membahas teori umum dari metode UTD, modifikasi UTD, dan *ray transportation matrix* (RTM). Bab tiga yang berjudul perancangan perangkat lunak berisi algoritma beserta diagram alir dari proses pendeteksian daerah lubang di daerah pegunungan. Selain itu, pada bab tiga ini juga terdapat tampilan awal dari perangkat lunak deteksi daerah lubang.

Selanjutnya bab empat yang berjudul deteksi daerah lubang. Pada bab ini membahas mengenai pengujian dan analisis dari perangkat lunak deteksi daerah lubang. Kemudian bab terakhir adalah bab lima yang berisi kesimpulan akhir dari kinerja program yang telah dibuat.

BAB II

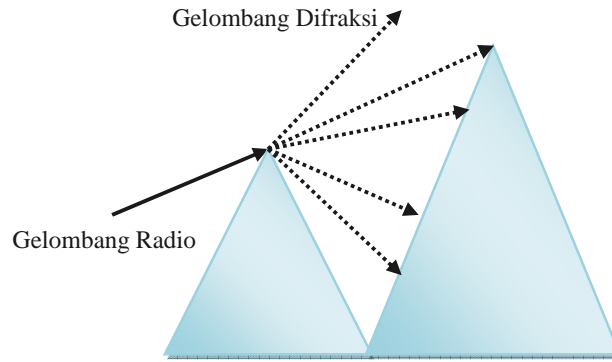
UNIFORM THEORY OF DIFFRACTION

Gelombang radio dapat merambat melalui medium padat, cair, dan gas. Perambatan gelombang radio dari pemancar menuju ke penerima dikenal sebagai propagasi gelombang radio. Pantulan, difraksi, dan hamburan yang terjadi pada saat perambatan gelombang radio dapat mempengaruhi besarnya kuat medan yang diterima oleh penerima. Jika perambatan gelombang radio terjadi di luar ruangan, maka dibutuhkan representasi 3-dimensi dari daerah lintasan gelombang radio, agar dapat terlihat halangan-halangan yang dilalui gelombang dari pemancar sampai ke penerima.

Pada skripsi ini, daerah pegunungan merupakan daerah yang akan digunakan sebagai daerah lintasan gelombang radio. Untuk menghitung kuat medan pada penerima digunakan metode UTD (*Uniform Theory of Diffraction*) Modifikasi. Dengan mengetahui penerimaan kuat medan disetiap daerah penerima, maka daerah yang merupakan daerah lubang (*blank-spot*) juga dapat terdeteksi. Hal ini dapat diketahui dari besar kecilnya kuat medan yang diterima. Daerah yang memiliki kuat medan yang sangat rendah dapat dikatakan sebagai daerah lubang.

2.1 DIFRAKSI GELOMBANG

Peristiwa pembelokkan gelombang elektromagnetik atau cahaya karena adanya halangan disebut dengan difraksi [5]. Difraksi gelombang radio di daerah pegunungan digambarkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Difraksi gelombang radio pada daerah pegunungan

Pada Gambar 2.1, Difraksi gelombang radio terjadi karena gelombang radio menumbuk gunung. Kemudian gelombang-gelombang kecil terbentuk setelah gelombang radio menumbuk gunung. Daerah yang berada di antara dua gelombang radio yang terdifraksi memiliki kuat medan dengan nilai yang berbeda-beda. Dan terdapat daerah yang memiliki nilai kuat medan yang sangat rendah, sehingga daerah tersebut dikatakan sebagai daerah lubang.

2.2 UNIFORM THEORY OF DIFFRACTION

Kuat medan yang diterima oleh penerima dari suatu propagasi gelombang dapat dinyatakan dalam Persamaan 2.1 berikut ini [2].

$$E(P) = E(Q) D(\varphi, \varphi') A(r, l) \phi(\varphi, \varphi', r, l) \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan :

- $E(P)$ = kuat medan yang diterima
- $E(Q)$ = kuat medan yang dipancarkan
- $D(\varphi, \varphi')$ = koefisien difraksi UTD
- $A(r, l)$ = redaman ruang bebas (dB)
- $\phi(\varphi, \varphi', r, l)$ = faktor fasa
- φ = sudut difraksi UTD
- φ' = sudut datang UTD
- r = persamaan jarak dengan komponennya adalah x dan y
- l = persamaan jarak dengan komponennya adalah r dan h

Untuk mencari nilai redaman ruang bebas digunakan Persamaan 2.2.

$$A(r, l) = \left(\frac{4\pi df}{c} \right)^2 \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan :

- d = jarak antara pemancar dengan penerima (m)
- f = frekuensi (Hz)
- c = kecepatan cahaya (m/s)

Kemudian, untuk mencari nilai koefisien difraksi UTD dimensi 2, $D_{s,h}(\varphi, l, n)$, dapat digunakan Persamaan 2.3 [2].

$$D_{s,h}(\varphi, l, n) = D_1 + D_2 + R_{s,h}(D_3 + D_4) \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan nilai dari masing-masing komponen koefisien difraksi UTD adalah :

$$D_1 = \frac{-e^{-j\frac{\pi}{4}}}{2n\sqrt{2\pi k}} \cot \left[\frac{\pi + \psi^-}{2n} \right] F[kLa^+(\psi^-)] \dots\dots\dots (2.4)$$

$$D_2 = \frac{-e^{-j\frac{\pi}{4}}}{2n\sqrt{2\pi k}} \cot \left[\frac{\pi - \psi^-}{2n} \right] F[kLa^-(\psi^-)] \dots\dots\dots (2.5)$$

$$D_3 = \frac{-e^{-j\frac{\pi}{4}}}{2n\sqrt{2\pi k}} \cot \left[\frac{\pi + \psi^+}{2n} \right] F[kLa^+(\psi^+)] \dots\dots\dots (2.6)$$

$$D_4 = \frac{-e^{-j\frac{\pi}{4}}}{2n\sqrt{2\pi k}} \cot \left[\frac{\pi - \psi^+}{2n} \right] F[kLa^-(\psi^+)] \dots\dots\dots (2.7)$$

dimana :

$$\psi^- = \varphi - \varphi' \dots\dots\dots (2.8)$$

$$\psi^+ = \varphi + \varphi' \dots\dots\dots (2.9)$$

$$n = \frac{2\pi - \alpha}{\pi} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \dots\dots\dots (2.11)$$

dengan :

- α = sudut kemiringan halangan atau sudut ketajaman halangan
- φ = sudut difraksi UTD
- φ' = sudut datang UTD
- L = parameter jarak

Sedangkan persamaan $F[kLa^\pm(\psi^\pm)]$ adalah fungsi transisi yang dijelaskan dalam Persamaan 2.12 berikut ini [2].

$$F(x) = 2j\sqrt{x}e^{jx} \int_{\sqrt{x}}^{\infty} e^{-ju^2} du \dots\dots\dots (2.12)$$

dengan :

$$x = kLa^\pm(\psi^\pm) \dots \dots \dots (2.13)$$

L = parameter jarak

Sedangkan untuk fungsi $a^\pm(\psi^\pm)$ adalah [2]

$$a^\pm \psi^\pm = 2 \cos^2 \left(\frac{2\pi n N - \psi^\pm}{2} \right) \dots \dots \dots (2.14)$$

dengan nilai N yang merupakan bilangan bulat dan memiliki persamaan yang mendekati Persamaan 2.15 dan 2.16.

$$2\pi n N^\pm - (\varphi \pm \varphi') = \pi \dots \dots \dots (2.15)$$

$$2\pi n N^\pm - (\varphi \pm \varphi') = -\pi \dots \dots \dots (2.16)$$

Untuk melakukan perhitungan dengan menggunakan fungsi transisi pada Persamaan 2.12 dapat digunakan ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

a) Untuk x kecil ($x < 0.3$)

$$F(x) = \left[\sqrt{\pi x} - 2x e^{j\frac{\pi}{4}} - \left(\frac{2}{3}\right) x^2 e^{-j\frac{\pi}{4}} \right] e^{j\frac{\pi}{4}} e^{jx} \dots \dots \dots (2.17)$$

Karena nilai $x \ll 1$, maka nilai $F(x) \approx 0$

b) Untuk x besar ($x > 5.5$)

$$F(x) \approx 1 + \frac{j}{2x} - \frac{3}{4x^2} - \frac{j15}{8x^3} + \frac{75}{16x^4} \dots \dots \dots (2.18)$$

Karena nilai $x \gg 1$, maka nilai $F(x) \approx 1$

c) Untuk $0.3 \leq x \leq 5.5$

Fungsi transisi, $F(X)$, dapat dicari dengan menggunakan Persamaan 2.19.

$$F(x) \approx F(x_i) + \frac{[F(x_{i+1}) - F(x_i)]}{(x_{i+1} - x_i)} (x - x_i) \dots \dots \dots (2.19)$$

dengan x_i , $F(x_i)$, $\frac{[F(x_{i+1}) - F(x_i)]}{(x_{i+1} - x_i)}$ dan diisi dengan data numerik yang terdapat pada Tabel 2.1.

Tabel II.1 Data numerik dari Fungsi Transisi F(X) pada interval $0.3 \leq x \leq 5.5$

x_i	$F(x_i)$		$\frac{[F(x_{i+1}) - F(x_i)]}{(x_{i+1} - x_i)}$	
	Real	Imajiner	Real	Imajiner
0.3	0.0	0.0	0.5729	0.2677
0.5	0.5129	0.0025	0.6768	0.2682

x_i	$F(x_i)$		$\frac{[F(x_{i+1}) - F(x_i)]}{(x_{i+1} - x_i)}$	
	Real	Imajiner	Real	Imajiner
0.7	0.3355	-0.0665	0.7439	0.2549
1.0	0.2187	-0.0757	-0.8095	0.2322
1.5	0.1270	-0.680	0.8730	0.1982
2.3	0.0638	-0.0506	0.9240	0.1577
4.0	0.0246	-0.0296	0.9658	0.1073
5.5	0.0093	-0.0163	0.9797	0.0828

Sumber : W.D. Burnside, R.J. Marhefka, and N. Wang, "Computer Programs, Subroutines and Functions for the Short Course on the Modern Geometrical Theory of Diffraction," in "Notes for the Short Course on the Modern Geometrical Theory of Diffraction," Ohio State University.

2.3 MODIFIKASI UNIFORM THEORY OF DIFFRACTION

Koefisien difraksi UTD dua dimensi dapat dimodifikasi untuk menentukan koefisien UTD pada 3 dimensi. Hal ini dilihat dari penentuan sudut datang dan sudut difraksi pada saat pembacaan peta topografi yang dilakukan oleh komputer yang ditentukan melalui permukaan dan perhitungan yang harus dihitung satu persatu sepanjang lintasan transmisi. Kemudian untuk penyerdehanaan perhitungan, sudut datang dan sudut difraksi ditentukan dari garis normal yang tegak lurus dengan bumi. Oleh karena itu, persamaan sudut datang dan sudut difraksi menjadi [1]:

$$\phi' = \varphi' - \frac{\alpha}{2} \dots\dots\dots (2.20)$$

$$\phi = 2\pi - \varphi - \frac{\alpha}{2} \dots\dots\dots (2.21)$$

dengan :

- ϕ' = sudut datang UTD modifikasi
- ϕ = sudut difraksi UTD modifikasi
- φ' = sudut datang UTD
- φ = sudut difraksi UTD
- α = sudut kemiringan halangan/sudut ketajaman halangan

Jika Persamaan 2.20 dan 2.21 dimasukkan ke dalam Persamaan 2.4, 2.5, 2.6, dan 2.7, maka persamaan koefisien difraksi UTD mengalami modifikasi pada komponen cotangen. Sehingga komponen $\cot(\varphi, \varphi', n)$ menjadi [1] :

$$\cot \left[\frac{\pi + \psi^-}{2n} \right] = \cot \left[\frac{3\pi - (\phi + \phi')}{2n} \right] \dots\dots\dots (2.22)$$

$$\cot \left[\frac{\pi - \psi^-}{2n} \right] = \cot \left[\frac{-\pi - (\phi + \phi')}{2n} \right] \dots\dots\dots (2.23)$$

$$\cot \left[\frac{\pi + \psi^+}{2n} \right] = \cot \left[\frac{3\pi - (\phi - \phi') - \alpha}{2n} \right] \dots\dots\dots (2.24)$$

$$\cot \left[\frac{\pi - \psi^+}{2n} \right] = \cot \left[\frac{-\pi - (\phi - \phi') - \alpha}{2n} \right] \dots\dots\dots (2.25)$$

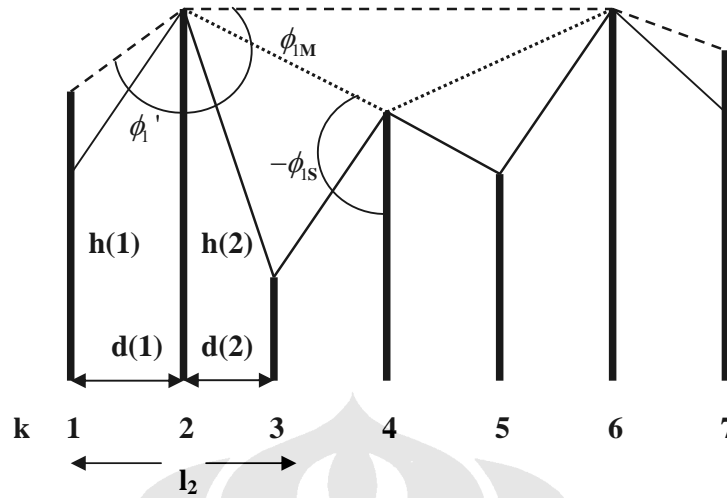
Untuk sudut kemiringan, α , dapat dibedakan menjadi dua bagian. Bagian pertama adalah sudut kemiringan untuk halangan tajam, yaitu $\alpha < 90^\circ$ dan bagian kedua adalah sudut kemiringan untuk halangan tumpul, yaitu $\alpha > 90^\circ$. Tabel 2.2 menunjukkan beberapa nilai n untuk beberapa nilai α .

Tabel II.2 Berbagai nilai 2n untuk berbagai harga α

α	$2\pi-n$	$2n$
15	1.92	3.64
20	1.90	3.60
25	1.86	3.75
30	1.83	3.66
45	1.75	3.50
50	1.73	3.46
60	1.67	3.34
70	1.60	3.20
80	1.56	3.12
90	1.50	3.00
100	1.45	2.9
120	1.34	2.68
140	1.23	2.48
160	1.12	2.24

Sumber : Djohan D., Arman, "The Implementation of UTD Calculation Modification on The Computing of Diffraction Loss in The UHF Radio Propagation". IEEE International Conference on Jakarta Asia Pacific Communication Conference 1995 Linking Asia-Pacific to The World (Jakarta, Indonesia: Hotel Horison, Jakarta's Ocean Front Hotel, Taman Impian Jaya Ancol, November, 1995), hal. 13.3.1

Untuk perhitungan sudut datang modifikasi, sudut difraksi modifikasi, dan jarak lintasan (L) dapat ditentukan dengan melihat Gambar 2.2 dan melalui Persamaan 2.26 dan 2.27 [1].



Gambar 2.2 Representasi tinggi pada peta topografi untuk menentukan ϕ, ϕ', L [1]

$$\phi' = \tan^{-1} \frac{dk}{dk(k)} \dots \dots \dots (2.26)$$

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{d(k+2)+d(k+1)}{dh(k+1)} \right) \dots \dots \dots (2.27)$$

dimana :

dk = jarak antara ketinggian selanjutnya yang besarnya $h(k+1)$

$$dk(k) = h(k) - h(k-1) - h_T \dots \dots \dots (2.28)$$

h_T = tinggi antena pemancar

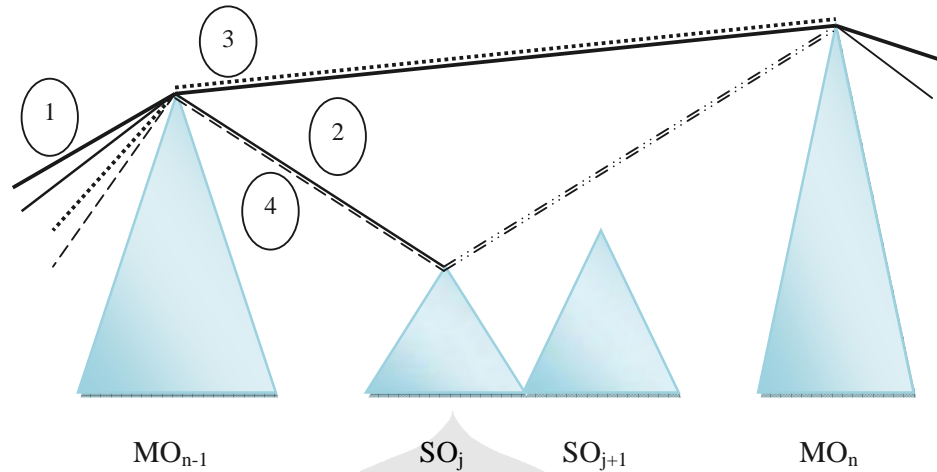
$$dh(k+1) = h(k) - h(k+2) \dots \dots \dots (2.29)$$

$$d(k+1) = l(k+1) - l(k) \dots \dots \dots (2.30)$$

$$d(k+2) = l(k+2) - l(k+1) \dots \dots \dots (2.31)$$

2.4 RAY TRANSPORTATION MATRIX

Ray transportation matrix (RTM) berfungsi untuk menentukan jalur lintasan utama dan jalur lintasan sekunder dari propagasi gelombang. Hal ini dilakukan agar dapat mengetahui sumber sinyal penerima. Tetapi, sebelum menentukan jalur lintasan utama dan sekunder, perlu ditentukan terlebih dahulu halangan utama dan halangan sekunder. RTM dideskripsikan dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Jalur propagasi gelombang pada halangan *wedge* .

Halangan utama dalam Gambar 2.3 adalah MO_{n-1} dan MO_n dan halangan sekundernya adalah SO_j dan SO_{j+1} . MO --- MO adalah lintasan satu, lintasan dua adalah MO --- SO --- MO , lintasan tiga adalah SO --- MO --- MO , dan lintasan empat adalah SO --- MO --- SO . Kemudian jalur lintasan utama adalah lintasan satu dan jalur lintasan sekunder adalah lintasan dua, lintasan tiga, dan lintasan empat.

BAB III

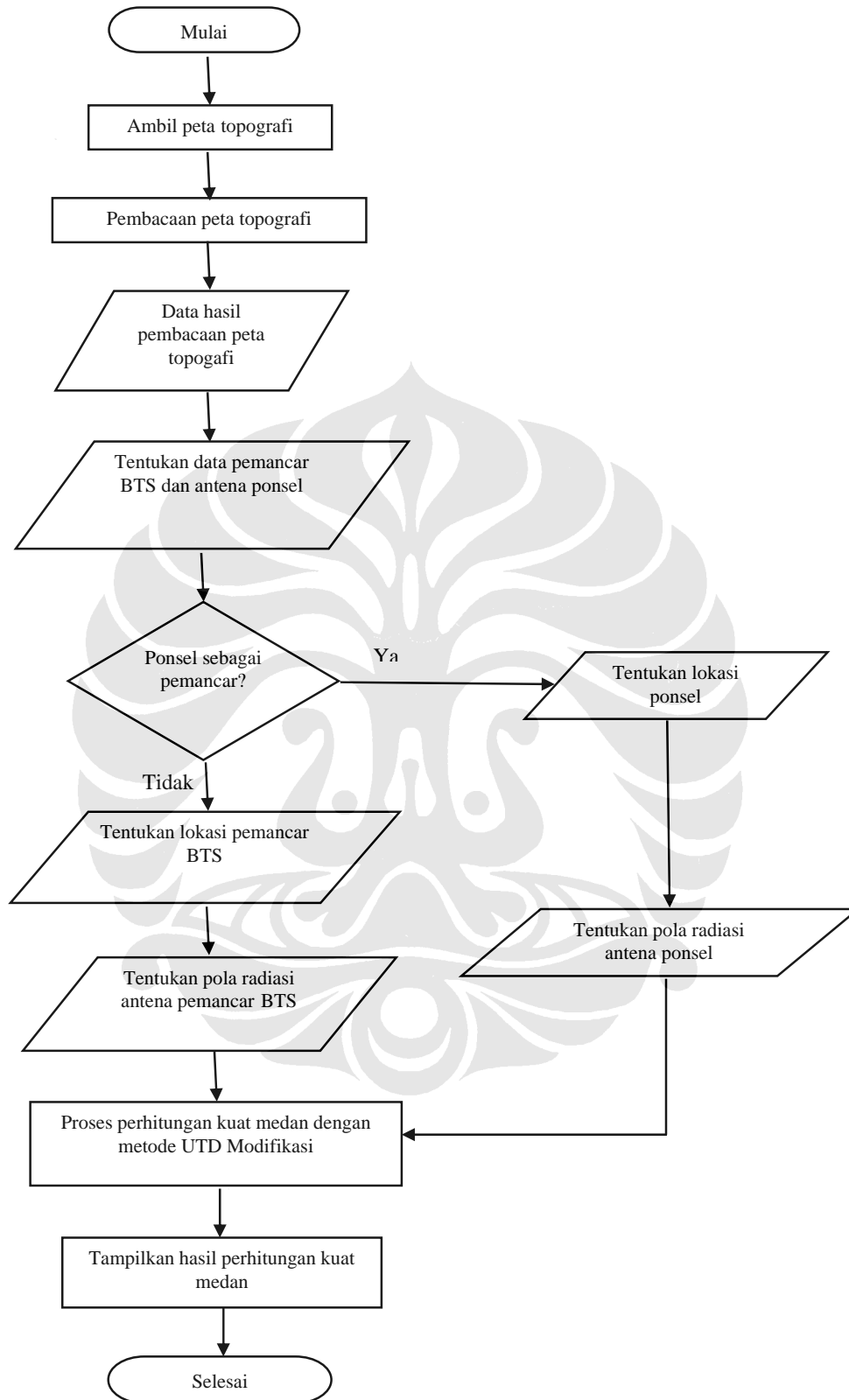
PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

Perhitungan kuat medan untuk mendeteksi daerah lubang (*blank-spot*) dilakukan melalui proses perambatan gelombang radio yang dipengaruhi oleh kondisi alam. Oleh karena itu, pada peta topografi yang menjadi sumber data daerah tempat BTS ditempatkan akan dilakukan pendekatan ke keadaan sebenarnya dari kondisi alam yang mempengaruhi perambatan gelombang radio dari suatu pemancar.

Perangkat lunak ini dirancang untuk melakukan dua proses perhitungan kuat medan dengan menggunakan metode UTD Modifikasi. Proses perhitungan tersebut adalah:

1. Perhitungan kuat medan dengan BTS sebagai pemancar dan ponsel sebagai penerima.
2. Perhitungan kuat medan dengan ponsel sebagai pemancar dan BTS sebagai penerima.

Diagram alir dari perhitungan kuat medan untuk mendeteksi daerah lubang dengan menggunakan metode UTD Modifikasi digambarkan pada Gambar 3.1.



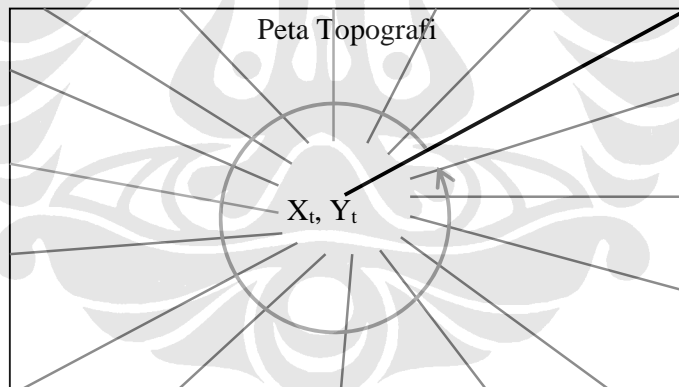
Gambar 3.1 Diagram alir proses pendeteksian daerah lubang dengan UTD.

3.1 PEMBACAAN PETA TOPOGRAFI

Peta yang memuat data ketinggian suatu daerah yang ditandai oleh berbagai warna sesuai dengan ketinggian daerah tersebut disebut sebagai peta topografi. Hasil dari proses ini adalah data mengenai sudut halangan, sudut datang, sudut pantul, data ketinggian, dan jarak antara satu titik dengan titik lainnya. Data ini akan digunakan untuk membuat profil permukaan.

3.1.1 Pemayaran (*Scanning*) Peta Topografi

Peta topografi akan diolah datanya dalam bentuk pemrosesan setiap pixel yang terdapat pada peta dengan mengasumsikan bahwa setiap daerah pada peta menerima pancaran gelombang radio dari pemancar. Proses pemayaran dimulai dari titik (0,0) pada koordinat peta topografi yang digunakan dan dilakukan sejauh 360° . Proses ini menghasilkan pergerakan suatu lintasan yang meraba peta topografi sejauh 360° . Gambaran dari proses pemayaran peta topografi dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Proses pemayaran peta topografi.

Titik (X_t, Y_t) adalah titik penempatan lokasi pemancar yang terhubung dengan titik (x,y) yang menjadi batas akhir dari peta topografi. Algoritma dari proses ini adalah sebagai berikut:

```
for(x= 0; x < k; x++)
{
    Dataran( $X_t, Y_t, x, 0$ );
}
for(y = 0; y < b; y++)
{
```

```

        Dataran(Xt, Yt, k-1, y);
    }
    for(x = k-1; x >= 0; x--)
    {
        Dataran(Xt, Yt, x, b-1);
    }
    for(y = b-1; y >= 0; y-- )
    {
        Dataran(Xt, Yt, 0, y);
    }

```

3.1.2 Pengambilan Data Ketinggian

Dalam proses akan diperoleh nilai ketinggian dataran yang diwakili oleh setiap pixel yang terdapat dalam peta topografi. Tahapan-tahapan dalam proses ini adalah:

1. Menentukan koordinat yang dipakai oleh suatu lintasan dengan pemayaran (*scanning*) peta topografi dari lokasi pemancar ke titik akhir pemayaran yang dilakukan berdasarkan sudut dari nilai koordinat terhadap lokasi antena pemancar. Algoritma dari tahapan ini adalah

```

TentukanKoordinat(Xt, Xr, Yr)
{
    Tentukan koordinat nilai sudut;
    Ambil nilai koordinat;
}

```

2. Menentukan jarak dari koordinat lokasi pemancar sampai dengan titik akhir *scan* untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan keadaan yang sebenarnya. Algoritma tahap ini adalah

```

TentukanJarak(Xt, Xr, Yr)
{
    Hitung jarak dari lokasi transmitter ke titik penerima;
}

```

3. Menentukan faktor koreksi terhadap kelengkungan bumi untuk memperoleh ketinggian permukaan yang sesuai dengan keadaan sebenarnya dari dataran yang digambarkan oleh peta topografi. Algoritma dari tahapan ini adalah

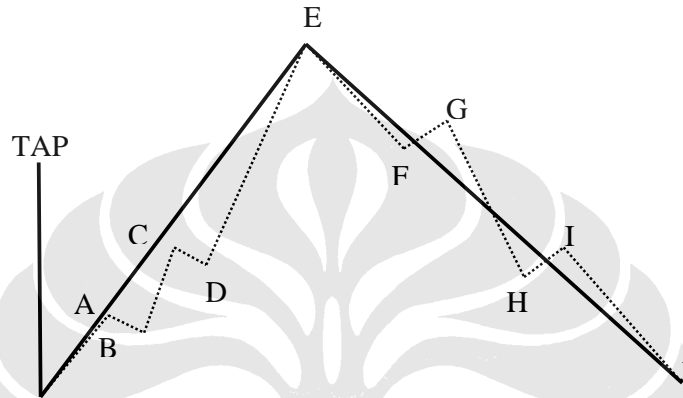
```

FaktorKoreksi(TentukanJarak, Xr, Yr)
{
    Hitung faktor koreksi;
    Hitung tinggi permukaan dataran yang sebenarnya;
}

```

3.1.3 Modifikasi Profil Dataran

Proses ini melakukan modifikasi terhadap permukaan dataran menjadi bentuk *wedge* tunggal. Dalam proses ini dilakukan perbandingan antara ketinggian suatu titik dengan titik lainnya dan dengan suatu nilai pembanding tertentu. Titik-titik yang dimaksud adalah pixel-pixel dari peta topografi.



Gambar 3.3 Modifikasi profil permukaan dataran menjadi *wedge* tunggal.

Pada Gambar 3.3, yang menjadi nilai pembanding adalah tinggi antena pemancar (TAP) BTS, yaitu 50 m. Jika titik A setinggi 20 m dan titik B setinggi 15 m, maka titik A dan B lebih rendah dari TAP BTS, maka titik A dan B menjadi garis miring halangan. Kemudian titik C mempunyai ketinggian 35 m dan tinggi titik D 30 m, maka titik C dan D lebih rendah dari TAP BTS, tetapi lebih tinggi dari titik A dan B, maka titik C dan D juga menjadi garis miring halangan. Titik E mempunyai ketinggian 70 m, titik E lebih tinggi dari titik A, B, C, D dan TAP, maka titik E dapat menjadi puncak halangan pertama atau menjadi garis miring halangan. Hal ini berkaitan dengan titik berikutnya, jika titik berikutnya lebih tinggi maka titik E menjadi garis miring halangan dan jika titik berikutnya lebih rendah, maka titik E menjadi puncak halangan. Dan ternyata titik berikutnya lebih rendah dari titik E, maka titik E menjadi puncak halangan.

Dalam perangkat lunak ini, yang menjadi nilai pembanding adalah data ketinggian yang dimasukkan pertama kali pada awal program dijalankan. Hasil dari proses ini adalah garis miring naik dan garis miring turun yang membentuk

modifikasi profil permukaan dataran menjadi profil *wedge* tunggal. Berikut ini adalah algoritma dari proses modifikasi profil dataran.

1. Proses awal modifikasi profil dataran

```
ProsesAwal()
{
    for(t = 0)
    {
        Ambil tinggi pembanding;
        Ambil tinggi pemancar;
    }
    for(t > 0; t++)
    {
        Ambil tinggi lokasi setelah pemancar;
        Hitung beda tinggi lokasi setelah pemancar
        dengan tinggi pemancar;
    }
    If(beda <= -Tb)
    {
        Tandai sebagai titik terendah;
        Turun(t, Tb, To, beda, P);
    }
    else
    {
        if(beda >= Tb)
        {
            Tandai sebagai titik tertinggi;
            Naik(t, Tb, To, beda, P);
        }
        else
        {
            Nilai P sama dengan beda;
            Tunggu(t, Tb, To, beda, P);
        }
    }
}
```

2. Proses pembentukan garis turun dalam modifikasi profik dataran

```
Turun(t, Tb, To, beda, P)
{
    for(t > 0; t-1 < t < t+1; t++)
    {
        Ambil tinggi pembanding;
        Ambil tinggi lokasi setelah pemancar;
        Hitung beda tinggi lokasi setelah pemancar
        antara titik t dan titik t-1;
    }
    if(beda > 0 )
    {
        Bentuk garis turun sampai dengan lokasi
        penerima;
    }
}
```



```

else
{
    if(beda <= 0 )
    {
        Tandai sebagai titik terendah;
        Turun(t,Tb,To,beda,P);
    }
    else
    {
        if(beda >= Tb)
        {
            Bentuk sisi turun;
            Naik(t,Tb,To,beda,P);
        }
        else
        {
            Nilai P sama dengan beda;
            Tunggu(t,Tb,To,beda,P);
        }
    }
}
}

```

3. Proses pembentukan garis naik dalam modifikasi profil dataran

```

Naik(t,Tb,To,beda,P)
{
    for(t > 0; t-1 < t < t+1; t++)
    {
        Ambil tinggi pembanding;
        Ambil tinggi lokasi setelah pemancar;
        Hitung beda tinggi lokasi setelah pemancar
        antara titik t dan titik t-1;
    }
    if(beda < 0 )
    {
        Bentuk garis naik sampai dengan lokasi
        penerima;
    }
    else
    {
        if(beda >= 0 )
        {
            Tandai sebagai titik tertinggi;
            Naik(t,Tb,To,beda,P);
        }
        else
        {
            if(beda <= -Tb)
            {
                Bentuk sisi naik;
                Turun(t,Tb,To,beda,P);
            }
            else

```

```

        {
            Nilai P sama dengan beda;
            Tunggu(t, Tb, To, beda, P);
        }
    }
}

```

4. Proses pemilihan garis naik atau garis turun dalam modifikasi profil dataran

```

Tunggu(t, Tb, To, beda, P)
{
    for(t > 0; t-1 < t < t+1; t++)
    {
        Ambil tinggi pembanding;
        Ambil tinggi lokasi setelah pemancar;
        Hitung beda tinggi lokasi setelah pemancar
        antara titik t dan titik t-1;
        Hitung nilai P sama dengan nilai P ditambah
        dengan nilai beda;
    }
    if(beda > 0 )
    {
        Bentuk garis naik atau garis turun sampai
        dengan lokasi pemancar;
    }
    else
    {
        if(P <= -Tb )
        {
            Tandai sebagai titik terendah;
            Turun(t, Tb, To, beda, P);
        }
        else
        {
            if(P >= Tb)
            {
                Tandai sebagai titik tertinggi;
                Naik(t, Tb, To, beda, P);
            }
            else
            {
                Tunggu(t, Tb, To, beda, P);
            }
        }
    }
}
}

```

3.2 PERHITUNGAN KUAT MEDAN

Pada daerah pegunungan, memiliki halangan tinggi yang sangat banyak. Halangan tinggi tersebut menyebabkan terjadinya redaman. Sehingga penerimaan kuat medan pada suatu titik yang terhalang oleh halangan tinggi terhadap pemancar akan menjadi kecil. Perhitungan kuat medan dilakukan dengan menggunakan metode UTD Modifikasi *wedge* tunggal dalam *Ray Transportation Matrix* (RTM). Algoritma dari proses ini adalah

```
KuatMedanPenerima()  
{  
    Tentukan halangan tinggi sebagai halangan utama;  
    Tentukan halangan diantara halangan tinggi  
    sebagai halangan sekunder;  
    Hitung parameter perhitungan dari masing-masing  
    halangan;  
    Hitung koefisien difraksi;  
    Hitung kuat medan penerima;  
}  
for (koefisien difraksi =  $D_s$ )  
{  
    KuatMedanPenerima(s);  
}  
for (koefisien difraksi =  $D_h$ )  
{  
    KuatMedanPenerima(h);  
}
```

Untuk menghitung koefisien difraksi, digunakan metode UTD Modifikasi. Perhitungan ini dilakukan sebanyak 4 kali untuk memperoleh 4 koefisien difraksi. Algoritma dari proses ini adalah

```
KoefisienDifraksi()  
{  
    for(R=1;R<5;R++)  
    {  
        Tentukan jarak antara halangan, pemancar,  
        dan penerima;  
        Tentukan sudut datang dan sudut difraksi;  
        Tentukan nilai  $F(X)$ ;  
    }  
    if (x<0.3)  
    {  
        Nilai  $F(X)$  dianggap nol;  
    }  
    else  
    {  
        if (x>0.5)  
        {
```

```

        Nilai F(X) dianggap satu;
    }
    else
    {
        Tentukan nilai  $x_i$  harus lebih kecil
        dari nilai  $x$ ;
        Tentukan nilai F(X) berdasarkan
        Persamaan 2.14 dan Tabel 2.1;
    }
    Hitung koefisien difraksi UTD;
}
for ( $R_{s,h} = -1$ )
{
    KoefisienDifraksi( $D_s$ )
}
for ( $R_{s,h} = 1$ )
{
    KoefisienDifraksi( $D_h$ )
}
Kalikan dengan faktor fasa
Kalikan dengan redaman ruang bebas
}

```

3.3 TAMPILAN HASIL PERHITUNGAN KUAT MEDAN

Proses ini menampilkan hasil perhitungan kuat medan pada keseluruhan daerah hasil pemayaran peta topografi. Hasil perhitungan tersebut ditampilkan dengan degradasi warna gelap sampai terang. Algoritma dari proses ini adalah :

```

Tampilan( $x_{Tr}, y_{Tr}, KuatMedanPenerima$  )
{
    Ambil hasil perhitungan kuat medan;
    Tampilkan nilai kuat medan pada peta topografi
    dalam degradasi warna;
}

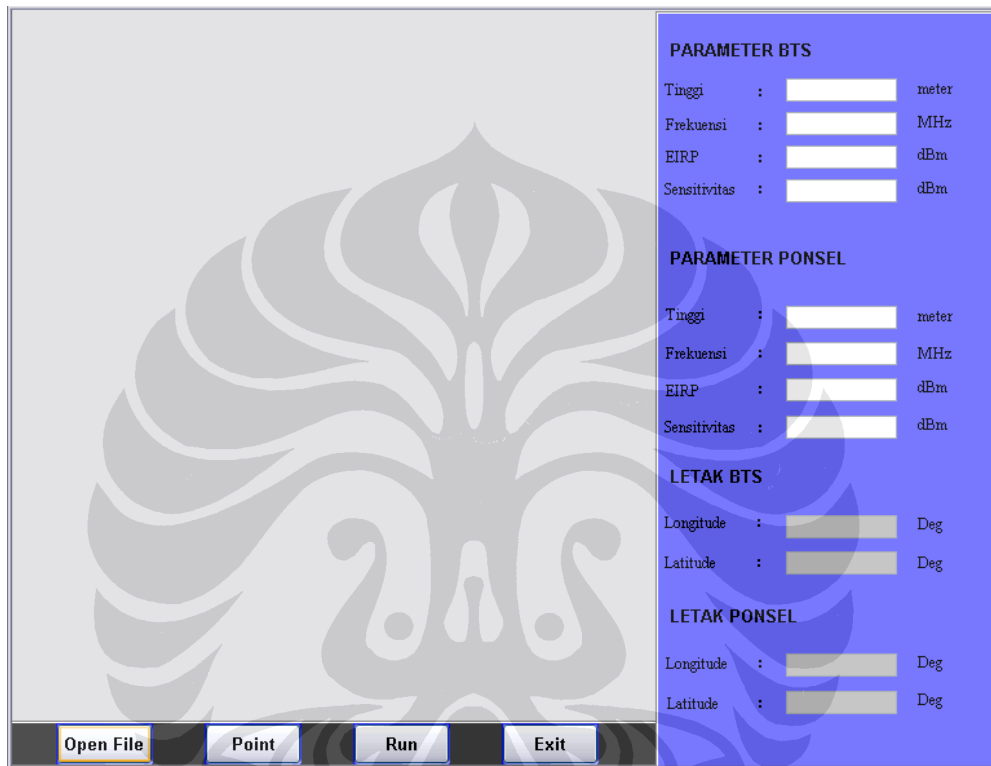
```

Untuk perhitungan dengan BTS sebagai pemancar, warna gelap menunjukkan bahwa titik tersebut merupakan daerah lubang, semakin terang warna yang ditampilkan maka semakin baik titik-titik tersebut menerima kuat medan dari pemancar BTS. Dengan kata lain, titik-titik yang berwarna terang adalah daerah cakupan dari pemancar BTS.

Untuk ponsel sebagai pemancar, warna gelap juga menunjukkan daerah lubang yang disebabkan ponsel tidak dapat mengirimkan sinyalnya. Sedangkan warna terang menandakan bahwa ponsel dapat mengirimkan sinyalnya ke pemancar BTS.

3.4 TAMPILAN AWAL PERANGKAT LUNAK

Gambar 3.4 memperlihatkan tampilan awal dari perangkat lunak yang akan digunakan untuk mendeteksi daerah lubang (*blank-spot*) dengan menggunakan metode UTD Modifikasi.



Gambar 3.4 Tampilan awal program untuk mendeteksi daerah lubang

Dalam Gambar 3.4 terdapat tiga bagian yang terdiri atas:

1. Bagian pertama adalah bagian layar yang akan menampilkan gambar peta topografi.
2. Bagian kedua adalah bagian tombol-tombol yang terdiri atas:

- a) Tombol *Open File*

Open File digunakan untuk membuka gambar peta topografi yang disimpan pada direktori tertentu untuk ditampilkan pada bagian pertama, yaitu bagian layar program.

- b) Tombol *Point*
Tombol *Point* digunakan untuk menentukan letak BTS dan ponsel dalam peta topografi yang telah ditampilkan pada layar program.
 - c) Tombol *Run*
Tombol *Run* digunakan untuk menjalankan program agar dapat mendeteksi daerah lubang pada daerah yang telah ditentukan. Sebelum tombol *Run* dijalankan, terlebih dahulu dilakukan penentuan letak BTS dan ponsel dengan menekan tombol *Point* dan mengisi data-data BTS dan ponsel pada kolom-kolom yang tersedia pada bagian tiga dari perangkat lunak ini. Ketika tombol *Run* dijalankan, maka akan terdapat kotak dialog tanya untuk menentukan daerah jangkauan BTS atau ponsel yang ingin dilihat.
 - d) Tombol *Exit*
Exit digunakan jika ingin keluar dari aplikasi program pendeteksian daerah lubang.
3. Bagian tiga dari perangkat lunak ini berisi kolom-kolom untuk memasukkan data BTS dan ponsel. Data BTS dan ponsel yang diperlukan adalah data tinggi antenna, data frekuensi, data *Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP), dan data sensitivitas antenna penerima BTS dan ponsel. Kolom *longitude* dan *latitude* digunakan untuk memperlihatkan posisi dari BTS atau ponsel. Kolom *longitude* dan *latitude* tersebut diisi dengan cara meng-klik *pointer* pada daerah dimana BTS dan ponsel ingin ditempatkan setelah *user* menekan tombol *Point*

BAB IV

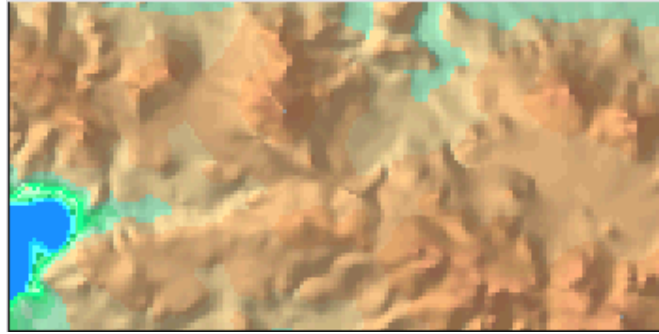
DETEKSI DAERAH LUBANG

Deteksi daerah lubang dilakukan untuk melihat adanya daerah lubang ketika melakukan perencanaan jaringan komunikasi bergerak. Ada banyak hal yang mempengaruhi munculnya daerah lubang pada jaringan komunikasi bergerak. Sensitivitas antena penerima, *Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP) pemancar, dan tinggi menara pemancar adalah tiga parameter yang juga dapat mempengaruhi munculnya daerah lubang dalam sistem komunikasi bergerak. Oleh karena itu dilakukan uji coba dengan menggunakan perangkat lunak deteksi daerah lubang.

Perangkat lunak deteksi daerah lubang ini menggunakan metode UTD modifikasi untuk mendeteksi daerah lubang. Uji coba dilakukan dalam dua tahap, yaitu uji coba deteksi daerah lubang dari sisi BTS dan deteksi daerah lubang dari sisi ponsel. Parameter yang diubah dalam setiap uji coba berbeda-beda. Untuk uji coba deteksi daerah lubang dari sisi BTS, parameter yang diubah adalah EIRP BTS, sensitivitas antena ponsel, dan tinggi menara BTS. Kemudian untuk deteksi daerah lubang dari sisi ponsel, parameter yang diubah adalah EIRP ponsel dan sensitivitas antena BTS.

4.1 UJI COBA DETEKSI DAERAH LUBANG DARI SISI BTS

Uji coba ini dilakukan pada salah satu daerah pegunungan di Jawa Barat dengan BTS sebagai pemancar dan ponsel sebagai penerima. Gambar 4.1 adalah gambar peta topografi yang digunakan dalam uji coba ini.



Gambar 4.1 Peta topografi

Pengujian ini dilakukan dengan mengubah-ubah tiga nilai parameter dari BTS. Parameter-parameter yang diubah tersebut adalah:

- 1) *Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP) BTS.
- 2) Sensitivitas antena penerima ponsel.
- 3) Tinggi menara BTS.

Perangkat lunak ini hanya dapat menempatkan satu BTS dan satu ponsel dalam satu daerah yang telah ditentukan. Sehingga pendeteksian daerah lubang (*blank-spot*) antara dua BTS atau lebih tidak dapat dilakukan. Begitu juga dengan ponsel, untuk mendeteksi daerah jangkauan dua ponsel atau lebih tidak dapat dilakukan oleh perangkat lunak ini.

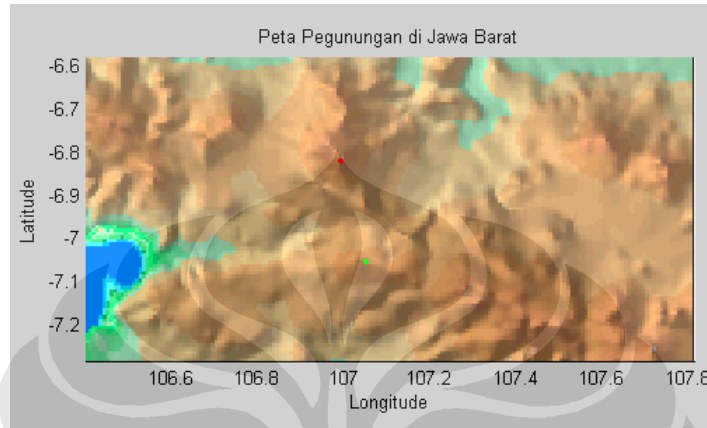
Pada hasil uji coba ini akan diperlihatkan dua warna, yaitu warna putih yang menandakan daerah jangkauan BTS dan warna hitam sebagai daerah lubang. Dan juga terdapat titik merah yang merupakan titik letak BTS dan titik hijau yang merupakan titik letak ponsel.

4.1.1 EIRP BTS

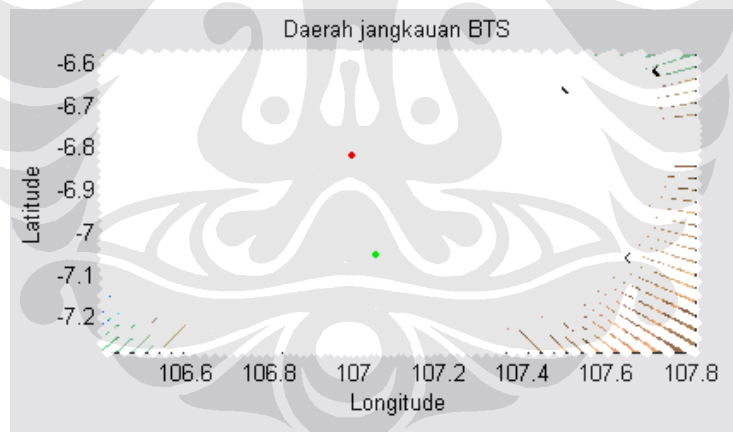
Pengujian pertama dilakukan dengan membedakan nilai EIRP dari BTS. Nilai EIRP yang diberikan pada pengujian ini adalah 60.2 dBm dan 50.2 dBm. Data BTS dan ponsel terdapat dalam Tabel IV.1 dan Tabel IV.3. Kemudian Gambar 4.2 dan Gambar 4.4 menunjukkan letak BTS dan letak ponsel pada peta dan gambar yang menunjukkan hasil dari pendeteksian daerah lubang dengan EIRP yang berbeda-beda terdapat dalam Gambar 4.3 dan Gambar 4.5. Kemudian terdapat tabel data hasil deteksi daerah lubang yang terdapat dalam Tabel IV.2 dan Tabel IV.4.

Tabel IV.1 Data BTS dan ponsel dengan EIRP BTS 60.2 dBm

Data 1	Tinggi (m)	Frekuensi (MHz)	EIRP (dBm)	Sensitivitas (dBm)
BTS	40	941	60.2	-104
Ponsel	1.5	896	36	-102



Gambar 4.2 Letak BTS dan ponsel dengan EIRP BTS 60.2 dBm



Gambar 4.3 Hasil uji coba ketika EIRP BTS 60.2dBm

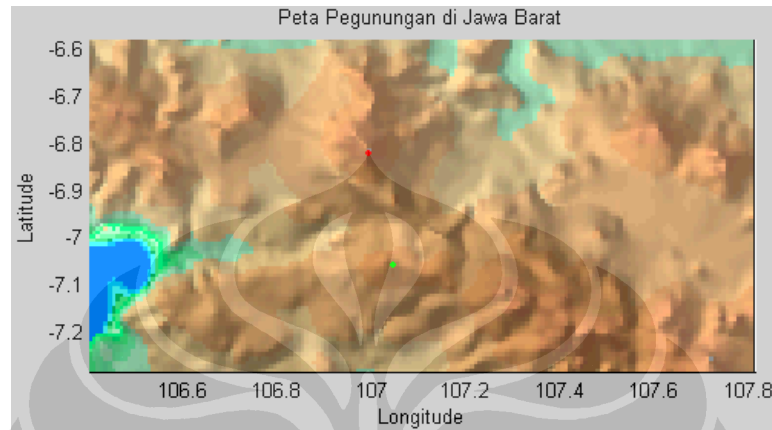
Tabel IV.2 Data hasil deteksi daerah lubang dengan EIRP BTS 60.2 dBm

Data ke-	Longitude (°)	Latitude (°)	Jarak (m)	Tinggi (m)	UTD	Kuat Medan (watt)
1	107.0005	-6.8182	3373.392	3314.331	NaN	NaN
2	107.0061	-6.818	3542.7981	3314.2621	0	2.19524E-12
3	107.0117	-6.8178	3808.4329	3314.1473	0	2.06034E-12
4	107.0173	-6.8176	4151.867	3313.9865	0	1.89615E-12
5	107.0229	-6.8174	4555.539	3313.7799	0	1.72684E-12

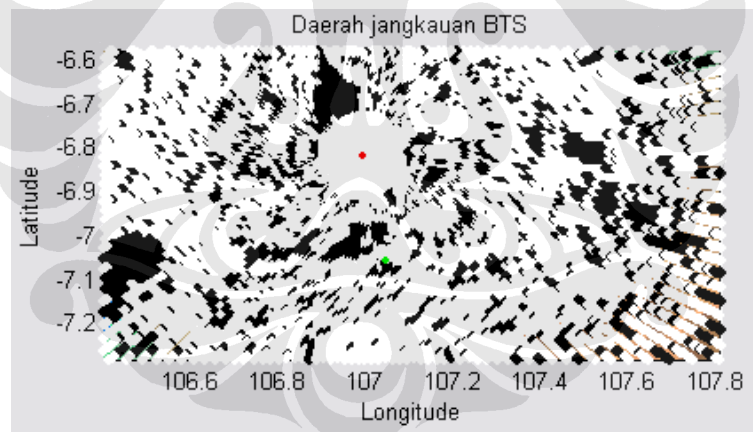
Data ke-	Longitude (°)	Latitude (°)	Jarak (m)	Tinggi (m)	UTD	Kuat Medan (watt)
6	107.0285	-6.8172	5004.8945	3313.5273	0	1.5669E-12
7	107.0342	-6.8171	5488.7246	3313.2288	0	1.42263E-12
8	107.0398	-6.8169	5998.6936	3312.8844	0	1.29549E-12
9	107.0454	-6.8167	6528.6789	3312.4941	0.0001	1.1846E-12
10	107.051	-6.8165	7074.1832	3312.0578	0.0118	2.2458E-10
11	107.0566	-6.8163	7631.8795	3311.5756	0.0409	6.70093E-10
12	107.0622	-6.8161	8122.3995	3116.1213	0.0347	5.00991E-10
13	107.0679	-6.8159	8702.7056	3115.5472	0.034	4.28252E-10
14	107.0735	-6.8157	9267.1742	3049.9509	3.224	3.5781E-08
15	107.0791	-6.8155	9859.3317	3049.285	2.0655	2.02533E-08
16	107.0847	-6.8154	10474.4832	3113.5496	1.0175	8.83957E-09
17	107.0903	-6.8152	11072.6192	3112.7919	0.0001	6.7893E-13
18	107.0959	-6.815	11673.5638	3111.9883	0.0001	6.42381E-13
19	107.1016	-6.8148	12276.9045	3111.1387	0.0001	6.09422E-13
20	107.1072	-6.8146	12882.3046	3110.2432	0.0001	5.79567E-13
21	107.1128	-6.8144	13489.4869	3109.3018	0.0106	5.52951E-11
22	107.1184	-6.8142	14098.2212	3108.3145	0.0406	1.94705E-10
23	107.124	-6.814	14668.1882	2912.3505	0.0334	1.47981E-10
24	107.1296	-6.8139	15281.0838	2911.2713	0.0001	4.85317E-13
25	107.1353	-6.8137	15894.9172	2910.1462	0.0001	4.65901E-13
26	107.1409	-6.8135	16509.584	2908.9752	0.0001	4.47951E-13
27	107.1465	-6.8133	17124.9943	2907.7583	4.4444	1.44449E-08
28	107.1521	-6.8131	17741.0708	2906.4954	0.9661	2.92568E-09
29	107.1577	-6.8129	18378.9079	3035.1409	0.491	1.38546E-09
30	107.1633	-6.8127	18995.4366	3033.7862	0.0069	1.8307E-11
31	107.169	-6.8125	19612.4977	3032.3856	0.0371	9.18777E-11
32	107.1746	-6.8123	20210.8193	2900.9847	0.0339	7.91573E-11
33	107.1802	-6.8122	20829.3751	2899.4922	0.0354	7.76793E-11
34	107.1858	-6.812	21439.5332	2832.9759	0.0185	3.82781E-11
35	107.1914	-6.8118	22050.7109	2766.4132	0.0319	6.25682E-11
36	107.197	-6.8116	22670.7475	2764.783	0.0035	6.53559E-12
37	107.2027	-6.8114	23291.046	2763.1068	0.034	5.97697E-11
38	107.2083	-6.8112	23904.0757	2696.4058	0.0332	5.53543E-11
39	107.2139	-6.811	24525.0293	2694.6378	0.034	5.39089E-11
40	107.2195	-6.8108	25139.2067	2627.8445	0.0319	4.81522E-11
41	107.2251	-6.8107	25760.7091	2625.9846	0.0002	2.83445E-13
42	107.2308	-6.8105	26382.374	2624.0788	0.0002	2.76614E-13
43	107.2364	-6.8103	27004.1899	2622.1271	0.0002	2.70103E-13
44	107.242	-6.8101	27626.1468	2620.1295	0.0069	8.61773E-12
45	107.2476	-6.8099	28248.2353	2618.086	0.0414	4.94792E-11
46	107.2532	-6.8097	28858.737	2486.0362	0.0198	2.26824E-11
47	107.2588	-6.8095	29465.1842	2288.9567	-0.5317	5.8367E-10
48	107.2645	-6.8093	30088.1901	2286.7754	0.6571	6.91869E-10
49	107.2701	-6.8091	30726.7474	2479.4923	0.3344	3.37581E-10
50	107.2757	-6.809	31349.5981	2477.2191	0.0002	2.31948E-13

Tabel IV.3 Data BTS dan ponsel dengan EIRP BTS 50.2 dBm

Data 2	Tinggi (m)	Frekuensi (MHz)	EIRP (dBm)	Sensitivitas (dBm)
BTS	40	941	50.2	-104
Ponsel	1.5	896	36	-102



Gambar 4.4 Letak BTS dan ponsel dengan EIRP BTS 50.2 dBm



Gambar 4.5 Hasil uji coba ketika EIRP BTS 50.2 dBm

Tabel IV.4 Data hasil deteksi daerah lubang dengan EIRP BTS 50.2 dBm

Data ke-	Longitude (°)	Latitude (°)	Jarak (m)	Tinggi (m)	UTD	Kuat Medan (watt)
1	107.0005	-6.8182	3373.392	3314.331	NaN	NaN
2	107.0061	-6.818	3542.7981	3314.2621	0	2.19524E-13
3	107.0117	-6.8178	3808.4329	3314.1473	0	2.06034E-13
4	107.0173	-6.8176	4151.867	3313.9865	0	1.89615E-13
5	107.0229	-6.8174	4555.539	3313.7799	0	1.72684E-13

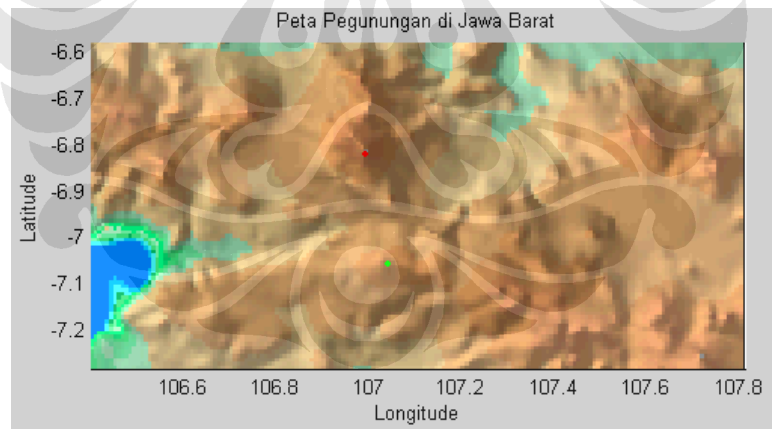
Data ke-	Longitude (°)	Latitude (°)	Jarak (m)	Tinggi (m)	UTD	Kuat Medan (watt)
6	107.0285	-6.8172	5004.8945	3313.5273	0	1.5669E-13
7	107.0342	-6.8171	5488.7246	3313.2288	0	1.42263E-13
8	107.0398	-6.8169	5998.6936	3312.8844	0	1.29549E-13
9	107.0454	-6.8167	6528.6789	3312.4941	0.0001	1.1846E-13
10	107.051	-6.8165	7074.1832	3312.0578	0.0118	2.2458E-11
11	107.0566	-6.8163	7631.8795	3311.5756	0.0409	6.70093E-11
12	107.0622	-6.8161	8122.3995	3116.1213	0.0347	5.00991E-11
13	107.0679	-6.8159	8702.7056	3115.5472	0.034	4.28252E-11
14	107.0735	-6.8157	9267.1742	3049.9509	3.224	3.5781E-09
15	107.0791	-6.8155	9859.3317	3049.285	2.0655	2.02533E-09
16	107.0847	-6.8154	10474.4832	3113.5496	1.0175	8.83957E-10
17	107.0903	-6.8152	11072.6192	3112.7919	0.0001	6.7893E-14
18	107.0959	-6.815	11673.5638	3111.9883	0.0001	6.42382E-14
19	107.1016	-6.8148	12276.9045	3111.1387	0.0001	6.09422E-14
20	107.1072	-6.8146	12882.3046	3110.2432	0.0001	5.79567E-14
21	107.1128	-6.8144	13489.4869	3109.3018	0.0106	5.52951E-12
22	107.1184	-6.8142	14098.2212	3108.3145	0.0406	1.94705E-11
23	107.124	-6.814	14668.1882	2912.3505	0.0334	1.47981E-11
24	107.1296	-6.8139	15281.0838	2911.2713	0.0001	4.85317E-14
25	107.1353	-6.8137	15894.9172	2910.1462	0.0001	4.65901E-14
26	107.1409	-6.8135	16509.584	2908.9752	0.0001	4.47951E-14
27	107.1465	-6.8133	17124.9943	2907.7583	4.4444	1.44449E-09
28	107.1521	-6.8131	17741.0708	2906.4954	0.9661	2.92568E-10
29	107.1577	-6.8129	18378.9079	3035.1409	0.491	1.38546E-10
30	107.1633	-6.8127	18995.4366	3033.7862	0.0069	1.8307E-12
31	107.169	-6.8125	19612.4977	3032.3856	0.0371	9.18777E-12
32	107.1746	-6.8123	20210.8193	2900.9847	0.0339	7.91573E-12
33	107.1802	-6.8122	20829.3751	2899.4922	0.0354	7.76793E-12
34	107.1858	-6.812	21439.5332	2832.9759	0.0185	3.82781E-12
35	107.1914	-6.8118	22050.7109	2766.4132	0.0319	6.25682E-12
36	107.197	-6.8116	22670.7475	2764.783	0.0035	6.53559E-13
37	107.2027	-6.8114	23291.046	2763.1068	0.034	5.97697E-12
38	107.2083	-6.8112	23904.0757	2696.4058	0.0332	5.53543E-12
39	107.2139	-6.811	24525.0293	2694.6378	0.034	5.39089E-12
40	107.2195	-6.8108	25139.2067	2627.8445	0.0319	4.81522E-12
41	107.2251	-6.8107	25760.7091	2625.9846	0.0002	2.83445E-14
42	107.2308	-6.8105	26382.374	2624.0788	0.0002	2.76614E-14
43	107.2364	-6.8103	27004.1899	2622.1271	0.0002	2.70104E-14
44	107.242	-6.8101	27626.1468	2620.1295	0.0069	8.61773E-13
45	107.2476	-6.8099	28248.2353	2618.086	0.0414	4.94792E-12
46	107.2532	-6.8097	28858.737	2486.0362	0.0198	2.26824E-12
47	107.2588	-6.8095	29465.1842	2288.9567	-0.5317	5.8367E-11
48	107.2645	-6.8093	30088.1901	2286.7754	0.6571	6.91869E-11
49	107.2701	-6.8091	30726.7474	2479.4923	0.3344	3.37581E-11
50	107.2757	-6.809	31349.5981	2477.2191	0.0002	2.31948E-14

4.1.2 Sensitivitas Antena Ponsel

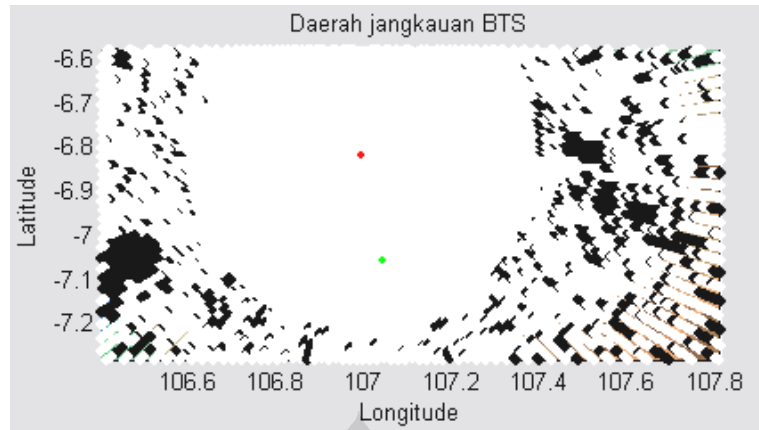
Parameter kedua yang diubah dalam uji coba ini adalah sensitivitas antena ponsel. Dalam pengujian ini, nilai sensitivitas ponsel yang diberikan adalah -102 dBm dan -104 dBm. Data-data BTS dan ponsel untuk sensitivitas antena ponsel -102 dBm terdapat dalam Tabel IV.5 dan Tabel IV.7 berisikan data-data BTS dan ponsel untuk sensitivitas antena penerima ponsel -104 dBm. Kemudian untuk posisi dari BTS dan ponsel dapat dilihat dalam Gambar 4.6 dan Gambar 4.8. Hasil dari deteksi daerah lubang dengan nilai sensitivitas antena ponsel yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.9. Untuk data hasil dari deteksi daerah lubang dapat dilihat dalam Tabel IV.6 dan Tabel IV.8.

Tabel IV.5 Data BTS dan ponsel dengan sensitivitas antena ponsel -102 dBm

Data 3	Tinggi (m)	Frekuensi (MHz)	EIRP (dBm)	Sensitivitas (dBm)
BTS	40	941	56.2	-104
Ponsel	1.5	896	36	-102



Gambar 4.6 Letak BTS dan ponsel ketika sensitivitas antena ponsel -102 dBm



Gambar 4.7 Hasil uji coba ketika sensitivitas antenna ponsel -102 dBm

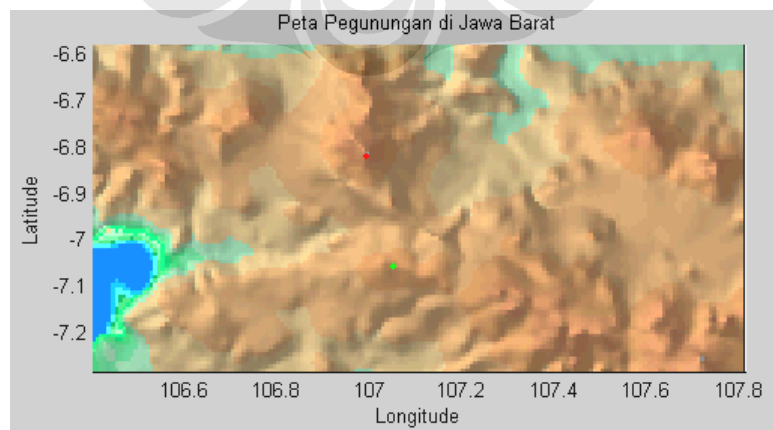
Tabel IV.6 Data hasil deteksi daerah lubang dengan sensitivitas antenna ponsel -102 dBm

Data ke-	Longitude (°)	Latitude (°)	Jarak (m)	Tinggi (m)	UTD	Kuat Medan (watt)
51	107.2813	-6.8088	31972.5303	2474.9	0.0002	9.0507E-14
52	107.2869	-6.8086	32595.5393	2472.535	0.0002	8.87451E-14
53	107.2925	-6.8084	33218.6208	2470.1241	0.0003	8.70502E-14
54	107.2982	-6.8082	33841.7707	2467.6672	0.0103	3.39686E-12
55	107.3038	-6.808	34464.9855	2465.1645	0.0452	1.44243E-11
56	107.3094	-6.8078	35074.7128	2267.6717	0.0862	2.65973E-11
57	107.315	-6.8076	35686.0319	2070.1285	0.0238	7.09944E-12
58	107.3206	-6.8075	36386.112	3107.162	0.0421	1.20658E-11
59	107.3262	-6.8073	36933.7259	2064.8015	0.0788	2.19314E-11
60	107.3319	-6.8071	37557.6274	2062.0691	0.4435	1.19309E-10
61	107.3375	-6.8069	38193.0139	2254.2394	-0.0577	1.50156E-11
62	107.3431	-6.8067	38829.0405	2446.3592	0.3352	8.4365E-11
63	107.3487	-6.8065	39452.6671	2443.4891	0.0003	7.30843E-14
64	107.3543	-6.8063	40076.3346	2440.573	0.0103	2.42739E-12
65	107.3599	-6.8061	40700.0411	2437.611	0.0405	9.27922E-12
66	107.3656	-6.8059	41312.281	2239.659	0.0375	8.34123E-12
67	107.3712	-6.8058	41936.2314	2236.6051	1.8309	3.95047E-10
68	107.3768	-6.8056	42549.935	2038.5568	0.1064	2.22997E-11
69	107.3824	-6.8054	43238.2389	3075.0852	0.097	1.96868E-11
70	107.388	-6.8052	43861.504	3071.8936	0.0003	6.56359E-14
71	107.3936	-6.805	44484.8161	3068.6561	0.0003	6.47037E-14
72	107.3993	-6.8048	45108.1732	3065.3726	0.0003	6.37976E-14
73	107.4049	-6.8046	45731.5734	3062.0432	0.0481	8.72003E-12
74	107.4105	-6.8044	46355.0151	3058.6679	0.1744	3.07931E-11
75	107.4161	-6.8043	46919.4623	2015.5726	0.0791	1.36263E-11
76	107.4217	-6.8041	47543.7562	2012.1054	0.6593	1.10676E-10
77	107.4273	-6.8039	48177.1444	2203.541	0.3362	5.49606E-11
78	107.433	-6.8037	48801.355	2199.982	0.007	1.11603E-12

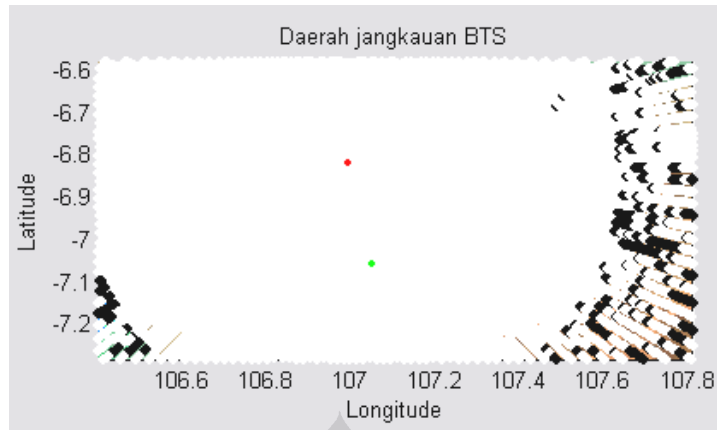
Data ke-	Longitude (°)	Latitude (°)	Jarak (m)	Tinggi (m)	UTD	Kuat Medan (watt)
79	107.4386	-6.8035	49425.584	2196.3771	0.3951	6.13739E-11
80	107.4442	-6.8033	50043.9212	2062.761	0.1131	1.71345E-11
81	107.4498	-6.8031	50720.1387	3033.755	0.1	1.47553E-11
82	107.4554	-6.8029	51343.8591	3030.0123	0.0004	5.59582E-14
83	107.461	-6.8027	51967.6087	3026.2237	0.0004	5.52788E-14
84	107.4667	-6.8026	52591.3866	3022.3892	0.0004	5.46156E-14
85	107.4723	-6.8024	53215.1917	3018.5087	0.0004	5.39681E-14
86	107.4779	-6.8022	53839.0231	3014.5824	0.0004	5.33357E-14
87	107.4835	-6.802	54462.8799	3010.6101	0.0004	5.2718E-14
88	107.4891	-6.8018	55086.7613	3006.5919	0.0004	5.21144E-14
89	107.4948	-6.8016	55710.6663	3002.5277	0.0004	5.15244E-14
90	107.5004	-6.8014	56334.5942	2998.4177	0.0004	5.09477E-14
91	107.506	-6.8012	56958.5443	2994.2617	0.0004	5.03837E-14
92	107.5116	-6.801	57582.5159	2990.0598	0.0004	4.9832E-14
93	107.5172	-6.8009	58206.5082	2985.8119	0.0004	4.92922E-14
94	107.5228	-6.8007	58830.5206	2981.5182	0.0004	4.8764E-14
95	107.5285	-6.8005	59454.5524	2977.1785	0.0004	4.8247E-14
96	107.5341	-6.8003	60078.6031	2972.7929	0.0005	4.77408E-14
97	107.5397	-6.8001	60702.6721	2968.3614	0.0005	4.72451E-14
98	107.5453	-6.7999	61326.7588	2963.884	0.0005	4.67596E-14
99	107.5509	-6.7997	61950.8627	2959.3606	0.0476	4.71113E-12
100	107.5565	-6.7995	62574.9832	2954.7913	0.1428	1.38384E-11

Tabel IV.7 Data BTS dan ponsel dengan sensitivitas antenna ponsel -104 dBm

Data 4	Tinggi (m)	Frekuensi (MHz)	EIRP (dBm)	Sensitivitas (dBm)
BTS	40	941	56.2	-104
Ponsel	1.5	896	36	-104



Gambar 4.8 Letak BTS dan ponsel ketika sensitivitas antenna ponsel -104 dBm



Gambar 4.9 Hasil uji coba ketika sensitivitas antenna ponsel -104 dBm

Tabel IV.8 Data hasil deteksi daerah lubang dengan sensitivitas antenna ponsel -104 dBm

Data ke-	Longitude (°)	Latitude (°)	Jarak (m)	Tinggi (m)	UTD	Kuat Medan (watt)
51	107.2813	-6.8088	31972.5303	2474.9	0.0002	9.0507E-14
52	107.2869	-6.8086	32595.5393	2472.535	0.0002	8.87451E-14
53	107.2925	-6.8084	33218.6208	2470.1241	0.0003	8.70502E-14
54	107.2982	-6.8082	33841.7707	2467.6672	0.0103	3.39686E-12
55	107.3038	-6.808	34464.9855	2465.1645	0.0452	1.44243E-11
56	107.3094	-6.8078	35074.7128	2267.6717	0.0862	2.65973E-11
57	107.315	-6.8076	35686.0319	2070.1285	0.0238	7.09944E-12
58	107.3206	-6.8075	36386.112	3107.162	0.0421	1.20658E-11
59	107.3262	-6.8073	36933.7259	2064.8015	0.0788	2.19314E-11
60	107.3319	-6.8071	37557.6274	2062.0691	0.4435	1.19309E-10
61	107.3375	-6.8069	38193.0139	2254.2394	-0.0577	1.50156E-11
62	107.3431	-6.8067	38829.0405	2446.3592	0.3352	8.4365E-11
63	107.3487	-6.8065	39452.6671	2443.4891	0.0003	7.30843E-14
64	107.3543	-6.8063	40076.3346	2440.573	0.0103	2.42739E-12
65	107.3599	-6.8061	40700.0411	2437.611	0.0405	9.27922E-12
66	107.3656	-6.8059	41312.281	2239.659	0.0375	8.34123E-12
67	107.3712	-6.8058	41936.2314	2236.6051	1.8309	3.95047E-10
68	107.3768	-6.8056	42549.935	2038.5568	0.1064	2.22997E-11
69	107.3824	-6.8054	43238.2389	3075.0852	0.097	1.96868E-11
70	107.388	-6.8052	43861.504	3071.8936	0.0003	6.56359E-14
71	107.3936	-6.805	44484.8161	3068.6561	0.0003	6.47037E-14
72	107.3993	-6.8048	45108.1732	3065.3726	0.0003	6.37976E-14
73	107.4049	-6.8046	45731.5734	3062.0432	0.0481	8.72003E-12
74	107.4105	-6.8044	46355.0151	3058.6679	0.1744	3.07931E-11
75	107.4161	-6.8043	46919.4623	2015.5726	0.0791	1.36263E-11
76	107.4217	-6.8041	47543.7562	2012.1054	0.6593	1.10676E-10
77	107.4273	-6.8039	48177.1444	2203.541	0.3362	5.49606E-11

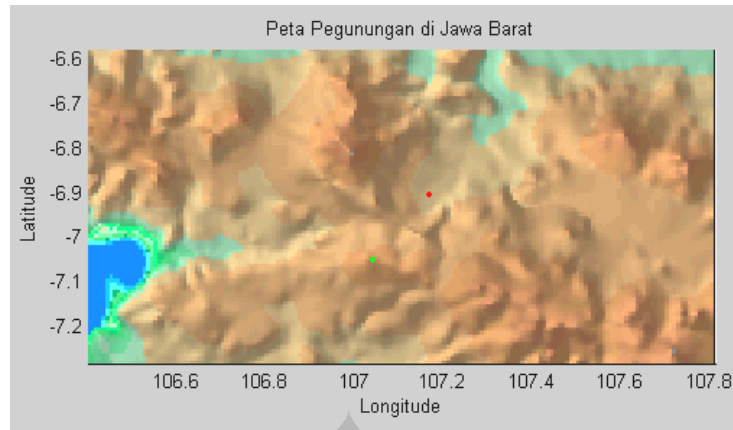
Data ke-	Longitude (°)	Latitude (°)	Jarak (m)	Tinggi (m)	UTD	Kuat Medan (watt)
78	107.433	-6.8037	48801.355	2199.982	0.007	1.11603E-12
79	107.4386	-6.8035	49425.584	2196.3771	0.3951	6.13739E-11
80	107.4442	-6.8033	50043.9212	2062.761	0.1131	1.71345E-11
81	107.4498	-6.8031	50720.1387	3033.755	0.1	1.47553E-11
82	107.4554	-6.8029	51343.8591	3030.0123	0.0004	5.59582E-14
83	107.461	-6.8027	51967.6087	3026.2237	0.0004	5.52788E-14
84	107.4667	-6.8026	52591.3866	3022.3892	0.0004	5.46156E-14
85	107.4723	-6.8024	53215.1917	3018.5087	0.0004	5.39681E-14
86	107.4779	-6.8022	53839.0231	3014.5824	0.0004	5.33357E-14
87	107.4835	-6.802	54462.8799	3010.6101	0.0004	5.2718E-14
88	107.4891	-6.8018	55086.7613	3006.5919	0.0004	5.21144E-14
89	107.4948	-6.8016	55710.6663	3002.5277	0.0004	5.15244E-14
90	107.5004	-6.8014	56334.5942	2998.4177	0.0004	5.09477E-14
91	107.506	-6.8012	56958.5443	2994.2617	0.0004	5.03837E-14
92	107.5116	-6.801	57582.5159	2990.0598	0.0004	4.9832E-14
93	107.5172	-6.8009	58206.5082	2985.8119	0.0004	4.92922E-14
94	107.5228	-6.8007	58830.5206	2981.5182	0.0004	4.8764E-14
95	107.5285	-6.8005	59454.5524	2977.1785	0.0004	4.8247E-14
96	107.5341	-6.8003	60078.6031	2972.7929	0.0005	4.77408E-14
97	107.5397	-6.8001	60702.6721	2968.3614	0.0005	4.72451E-14
98	107.5453	-6.7999	61326.7588	2963.884	0.0005	4.67596E-14
99	107.5509	-6.7997	61950.8627	2959.3606	0.0476	4.71113E-12
100	107.5565	-6.7995	62574.9832	2954.7913	0.1428	1.38384E-11

4.1.3 Tinggi Menara BTS

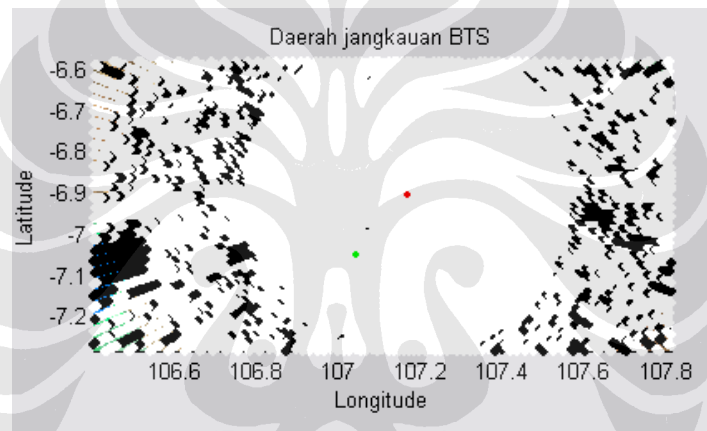
Parameter BTS yang diubah-ubah dalam pengujian ini adalah tinggi BTS. Nilai tinggi BTS dibedakan antara 50 meter dengan 20 meter. Data-data BTS dan ponsel dalam pengujian ini dapat dilihat dalam Tabel IV.9 dan Tabel IV.11. Tabel data hasil pendeteksian daerah lubang dari kedua tinggi BTS dapat dilihat dalam Tabel IV.10 dan Tabel IV.12. Sedangkan untuk posisi dari BTS dan ponsel dapat dilihat dalam Gambar 4.10 dan Gambar 4.12, dan untuk hasil pendeteksian daerah lubang dengan parameter tinggi BTS yang berbeda terdapat pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.13.

Tabel IV.9 Data BTS dan ponsel dengan tinggi menara BTS 50 meter

Data 5	Tinggi (m)	Frekuensi (MHz)	EIRP (dBm)	Sensitivitas (dBm)
BTS	50	941	56.2	-104
Ponsel	1.5	896	36	-102



Gambar 4.10 Letak BTS dan ponsel ketika tinggi menara BTS 50 meter



Gambar 4.11 Hasil uji coba ketika tinggi menara BTS 50 meter

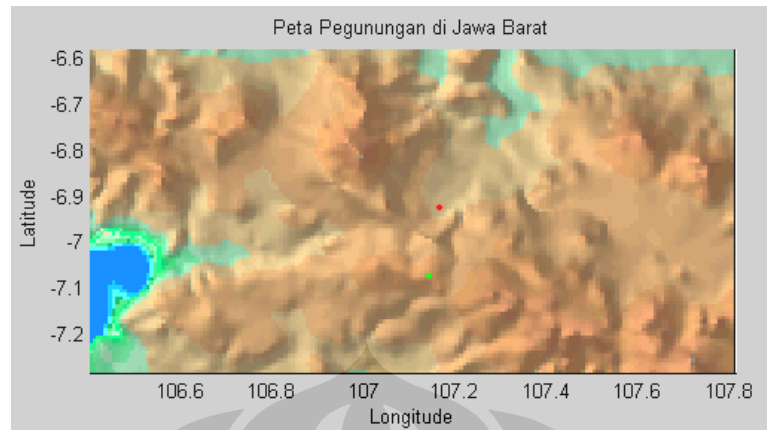
Tabel IV.10 Data hasil deteksi daerah lubang dengan tinggi menara BTS 50 meter

Data ke-	Longitude (°)	Latitude (°)	Jarak (m)	Tinggi (m)	UTD	Kuat Medan (watt)
101	107.7364	-6.8844	63155.2497	1910.502	0.1476	1.40375E-11
102	107.742	-6.8843	63804.9989	2555.6521	-0.1009	9.40842E-12
103	107.7476	-6.8841	64429.3436	2550.9451	0.341	3.11742E-11
104	107.7532	-6.8839	65071.6224	2936.055	0.1817	1.62864E-11
105	107.7589	-6.8837	65695.8192	2931.2561	16.6741	1.46597E-09
106	107.7645	-6.8835	66320.03	2926.4113	0.999	8.61857E-11
107	107.7701	-6.8833	66950.5653	3051.4708	0.5061	4.28428E-11
108	107.7757	-6.8831	67574.7446	3046.5342	0.0105	8.6899E-13
109	107.7813	-6.8829	68198.9378	3041.5516	0.0404	3.29302E-12
110	107.7869	-6.8828	68814.0277	2841.5968	0.0375	3.0011E-12
111	107.7926	-6.8826	69438.3295	2836.5224	0.0404	3.17655E-12
112	107.7982	-6.8824	70054.2299	2636.4714	0.2318	1.79215E-11

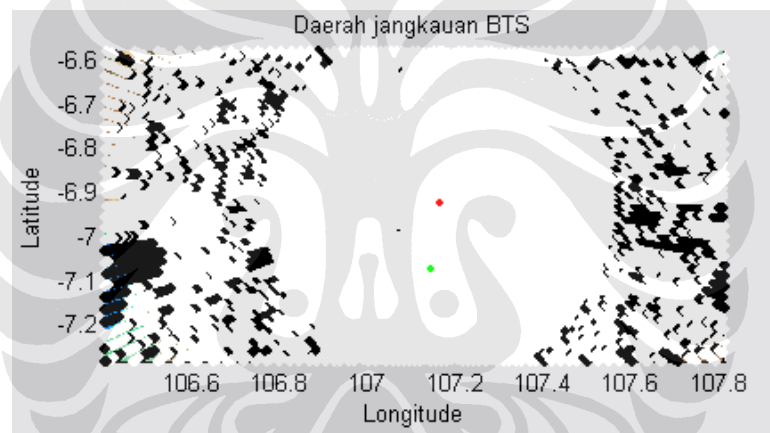
Data ke-	Longitude (°)	Latitude (°)	Jarak (m)	Tinggi (m)	UTD	Kuat Medan (watt)
113	107.8038	-6.8822	70678.6285	2631.3051	-0.032	2.43102E-12
114	107.8094	-6.882	71353.2664	3665.6716	0.0463	3.45124E-12
115	107.815	-6.8818	71917.3499	2360.9202	0.0467	3.42798E-12
116	107.8206	-6.8816	72541.8631	2355.6162	0.0005	3.9496E-14
117	107.8263	-6.8814	73166.3836	2350.2662	0.0006	3.91561E-14
118	107.8319	-6.8812	73790.9111	2344.8703	0.0006	3.88221E-14
119	107.8375	-6.8811	74415.4456	2339.4285	0.0006	3.84937E-14
120	107.8431	-6.8809	75039.9868	2333.9408	0.0006	3.81708E-14
121	107.8487	-6.8807	75664.5345	2328.4071	0.0006	3.78532E-14
122	107.8544	-6.8805	76289.0887	2322.8275	0.0006	3.75409E-14
123	107.86	-6.8803	76913.6491	2317.202	0.0006	3.72337E-14
124	107.8656	-6.8801	77538.2156	2311.5306	0.0006	3.69315E-14
125	107.8712	-6.8799	78162.7881	2305.8133	0.0006	3.66342E-14
126	107.8768	-6.8797	78787.3664	2300.05	0.0006	3.63416E-14
127	107.8824	-6.8796	79411.9503	2294.2408	0.0006	3.60537E-14
128	107.8881	-6.8794	80036.5398	2288.3857	0.0006	3.57702E-14
129	107.8937	-6.8792	80661.1347	2282.4847	0.0006	3.54912E-14
130	107.8993	-6.879	81285.7349	2276.5377	0.0006	3.52165E-14
131	107.9049	-6.8788	81910.3402	2270.5448	0.0006	3.49461E-14
132	107.9105	-6.8786	82534.9506	2264.506	0.0006	3.46797E-14
133	107.9161	-6.8784	83159.5659	2258.4213	0.0006	3.44174E-14
134	107.9218	-6.8782	83784.1861	2252.2907	0.0006	3.4159E-14
135	107.9274	-6.878	84408.8109	2246.1141	0.0006	3.39045E-14
136	107.933	-6.8779	85033.4404	2239.8916	0.0006	3.36537E-14
137	107.9386	-6.8777	85658.0744	2233.6232	0.0006	3.34066E-14
138	107.9442	-6.8775	86282.7128	2227.3088	0.0007	3.31631E-14
139	107.9498	-6.8773	86907.3555	2220.9486	0.0007	3.29232E-14
140	107.9555	-6.8771	87532.0024	2214.5424	0.0007	3.26866E-14
141	107.9611	-6.8769	88156.6535	2208.0903	0.0007	3.24535E-14
142	107.9667	-6.8767	88781.3087	2201.5923	0.0007	3.22237E-14
143	107.9723	-6.8765	89405.9678	2195.0483	0.0007	3.19971E-14
144	107.9779	-6.8764	90030.6307	2188.4584	0.0007	3.17736E-14
145	107.9835	-6.8762	90655.2975	2181.8226	0.0007	3.15533E-14
146	107.9892	-6.876	91279.968	2175.1409	0.0007	3.1336E-14
147	107.9948	-6.8758	91904.6421	2168.4133	0.0007	3.11216E-14
148	108.0004	-6.8756	92529.3199	2161.6397	0.0007	3.09102E-14
149	108.006	-6.8754	93154.0011	2154.8202	0.0007	3.07016E-14
150	108.0116	-6.8752	93778.6857	2147.9548	0.0007	3.04958E-14

Tabel IV.11 Data BTS dan ponsel dengan tinggi menara BTS 20 meter

Data 6	Tinggi (m)	Frekuensi (MHz)	EIRP (dBm)	Sensitivitas (dBm)
BTS	20	941	56.2	-104
Ponsel	1.5	896	36	-102



Gambar 4.12 Letak BTS dan ponsel ketika tinggi menara BTS 20 meter



Gambar 4.13 Hasil uji coba ketika tinggi menara BTS 20 meter

Tabel IV.12 Data hasil deteksi daerah lubang dengan tinggi menara BTS 20 meter

Data ke-	Longitude (°)	Latitude (°)	Jarak (m)	Tinggi (m)	UTD	Kuat Medan (watt)
101	107.7323	-6.9047	63162.1733	2105.4506	-0.0467	4.4415E-12
102	107.738	-6.9045	63786.6872	2100.7895	0.1975	1.84176E-11
103	107.7436	-6.9043	64438.0974	2745.8787	-0.1051	9.60707E-12
104	107.7492	-6.9041	65068.4733	2871.0791	-0.0203	1.81929E-12
105	107.7548	-6.904	65692.7001	2866.2802	1.0464	9.20046E-11
106	107.7604	-6.9038	66320.03	2926.4113	-0.0312	2.68892E-12
107	107.766	-6.9036	66950.5653	3051.4708	1.3245	1.12125E-10
108	107.7717	-6.9034	67574.7446	3046.5342	0.0409	3.40256E-12
109	107.7773	-6.9032	68189.7375	2846.6254	0.0338	2.75625E-12
110	107.7829	-6.903	68814.0277	2841.5968	0.0104	8.36831E-13

Data ke-	Longitude (°)	Latitude (°)	Jarak (m)	Tinggi (m)	UTD	Kuat Medan (watt)
111	107.7885	-6.9028	69438.3295	2836.5224	0.044	3.4661E-12
112	107.7941	-6.9026	70054.2299	2636.4714	0.0189	1.46331E-12
113	107.7997	-6.9024	70673.3679	2501.3488	0.0356	2.70247E-12
114	107.8054	-6.9023	71297.822	2496.1366	0.0375	2.79693E-12
115	107.811	-6.9021	71917.3499	2360.9202	0.033	2.41907E-12
116	107.8166	-6.9019	72541.8631	2355.6162	0.0005	3.94352E-14
117	107.8222	-6.9017	73166.3836	2350.2662	0.0006	3.90958E-14
118	107.8278	-6.9015	73790.9111	2344.8703	0.0006	3.87622E-14
119	107.8334	-6.9013	74415.4456	2339.4285	0.0006	3.84342E-14
120	107.8391	-6.9011	75039.9868	2333.9408	0.0006	3.81117E-14
121	107.8447	-6.9009	75664.5345	2328.4071	0.0006	3.77946E-14
122	107.8503	-6.9008	76289.0887	2322.8275	0.0006	3.74827E-14
123	107.8559	-6.9006	76913.6491	2317.202	0.0006	3.7176E-14
124	107.8615	-6.9004	77538.2156	2311.5306	0.0006	3.68742E-14
125	107.8672	-6.9002	78162.7881	2305.8133	0.0006	3.65772E-14
126	107.8728	-6.9	78787.3664	2300.05	0.0006	3.6285E-14
127	107.8784	-6.8998	79411.9503	2294.2408	0.0006	3.59975E-14
128	107.884	-6.8996	80036.5398	2288.3857	0.0006	3.57144E-14
129	107.8896	-6.8994	80661.1347	2282.4847	0.0006	3.54358E-14
130	107.8952	-6.8992	81285.7349	2276.5377	0.0006	3.51615E-14
131	107.9009	-6.8991	81910.3402	2270.5448	0.0006	3.48914E-14
132	107.9065	-6.8989	82534.9506	2264.506	0.0006	3.46254E-14
133	107.9121	-6.8987	83159.5659	2258.4213	0.0006	3.43634E-14
134	107.9177	-6.8985	83784.1861	2252.2907	0.0006	3.41054E-14
135	107.9233	-6.8983	84408.8109	2246.1141	0.0006	3.38512E-14
136	107.9289	-6.8981	85033.4404	2239.8916	0.0006	3.36007E-14
137	107.9346	-6.8979	85658.0744	2233.6232	0.0006	3.3354E-14
138	107.9402	-6.8977	86282.7128	2227.3088	0.0006	3.31108E-14
139	107.9458	-6.8976	86907.3555	2220.9486	0.0007	3.28712E-14
140	107.9514	-6.8974	87532.0024	2214.5424	0.0007	3.2635E-14
141	107.957	-6.8972	88156.6535	2208.0903	0.0007	3.24021E-14
142	107.9626	-6.897	88781.3087	2201.5923	0.0007	3.21726E-14
143	107.9683	-6.8968	89405.9678	2195.0483	0.0007	3.19463E-14
144	107.9739	-6.8966	90030.6307	2188.4584	0.0007	3.17232E-14
145	107.9795	-6.8964	90655.2975	2181.8226	0.0007	3.15031E-14
146	107.9851	-6.8962	91279.968	2175.1409	0.0007	3.12861E-14
147	107.9907	-6.896	91904.6421	2168.4133	0.0007	3.10721E-14
148	107.9963	-6.8959	92529.3199	2161.6397	0.0007	3.08609E-14
149	108.002	-6.8957	93154.0011	2154.8202	0.0007	3.06526E-14
150	108.0076	-6.8955	93778.6857	2147.9548	0.0007	3.04471E-14

4.2 UJI COBA DETEKSI DAERAH LUBANG DARI SISI PONSEL

Deteksi daerah lubang dari sisi ponsel juga dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ini. Parameter-parameter yang diubah dalam uji coba adalah :

- 1) EIRP ponsel.
- 2) Sensitivitas antena BTS.

Untuk tinggi ponsel dimasukkan nilai satu setengah meter. Ketinggian dari ponsel ini disesuaikan dengan tinggi manusia pada umumnya. Karena ponsel umumnya berada pada genggam tangan manusia, sehingga tinggi antena ponsel disesuaikan dengan tinggi manusia pada umumnya.

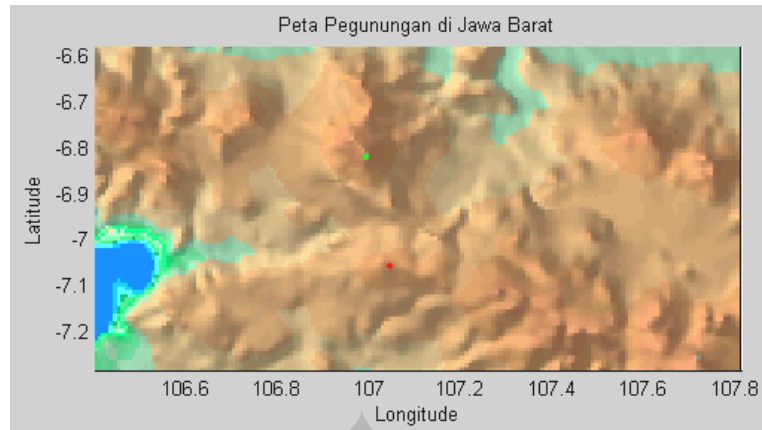
Hasil dari uji coba ini berupa gambar yang memiliki warna putih yang menandakan daerah jangkauan ponsel, warna hitam menandakan daerah lubang, titik merah menandakan letak ponsel dan titik hijau yang menandakan letak BTS.

4.2.1 EIRP Ponsel

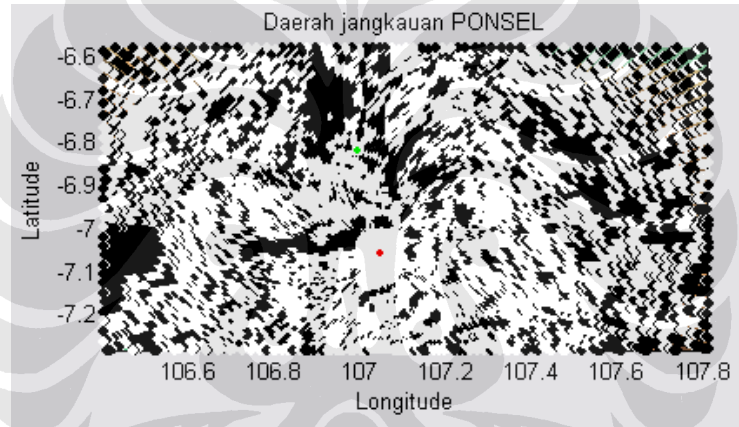
Parameter yang diubah dalam dalam uji coba ini adalah EIRP ponsel. Pada pengujian ini nilai EIRP untuk ponsel ditentukan sebesar 40 dBm dan 30 dBm. Untuk data BTS dan ponsel terdapat dalam Tabel IV.13 dan Tabel IV.15. Untuk melihat posisi BTS dan ponsel terdapat dalam Gambar 4.14 dan Gambar 4.16, kemudian hasil dari uji coba dapat dilihat pada Gambar 4.15 dan Gambar 4.17. Data hasil deteksi daerah lubang dari tiap uji coba dapat dilihat dalam Tabel IV.14 dan Tabel IV.16.

Tabel IV.13 Data BTS dan ponsel dengan EIRP ponsel 40 dBm.

Data 7	Tinggi (m)	Frekuensi (MHz)	EIRP (dBm)	Sensitivitas (dBm)
BTS	40	941	56.2	-104
Ponsel	1.5	896	40	-102



Gambar 4.14 Letak BTS dan ponsel ketika EIRP ponsel 40 dBm.



Gambar 4.15 Hasil uji coba ketika EIRP ponsel 40 dBm.

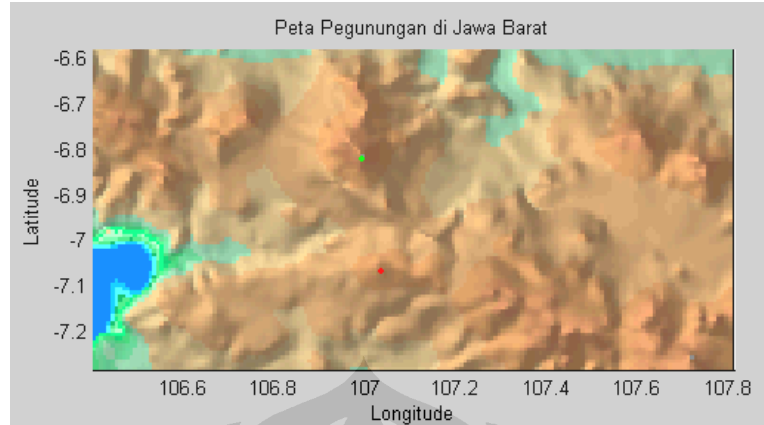
Tabel IV.14 Data hasil deteksi daerah lubang dengan EIRP ponsel 40 dBm.

Data ke-	Longitude (°)	Latitude (°)	Jarak (m)	Tinggi (m)	UTD	Kuat Medan (watt)
1	107.0531	-7.0573	3118.2645	3054.4283	NaN	NaN
2	107.0587	-7.0571	2826.3791	2534.5303	0.0199	2.50435E-11
3	107.0644	-7.0569	3152.9607	2534.4155	0.0498	5.03284E-11
4	107.07	-7.0567	3336.5963	2209.3455	0.0244	2.19803E-11
5	107.0756	-7.0565	3827.2458	2209.1388	-0.0128	8.75956E-12
6	107.0812	-7.0563	4352.4526	2208.8862	0.0363	1.92634E-11
7	107.0868	-7.0561	5055.9962	2533.4971	0.0474	1.86282E-11
8	107.0924	-7.0559	5727.7504	2793.0712	-1.0377	3.17555E-10
9	107.0981	-7.0557	6280.6407	2792.6809	0.1543	3.92723E-11
10	107.1037	-7.0556	6673.1134	2337.382	0.0779	1.7559E-11
11	107.1093	-7.0554	7549.2225	3116.6494	0.0006	9.79896E-14

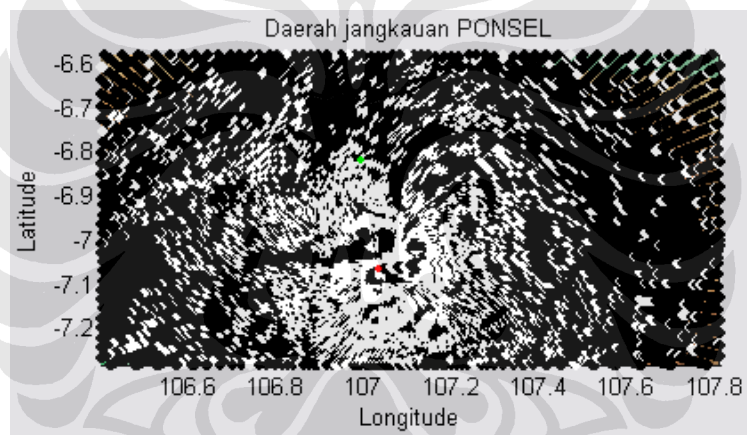
Data ke-	Longitude (°)	Latitude (°)	Jarak (m)	Tinggi (m)	UTD	Kuat Medan (watt)
12	107.1149	-7.0552	8122.3995	3116.1213	-0.0002	3.46336E-14
13	107.1205	-7.055	8702.7056	3115.5472	-0.0002	3.0547E-14
14	107.1261	-7.0548	9288.8047	3114.9273	-0.0002	2.71865E-14
15	107.1318	-7.0546	9879.6658	3114.2614	-0.0003	2.82044E-14
16	107.1374	-7.0544	10474.4832	3113.5496	0.0824	7.53708E-12
17	107.143	-7.0542	10851.3868	2203.0771	0.0763	6.50798E-12
18	107.1486	-7.0541	11590.9325	2787.1013	0.0752	5.61773E-12
19	107.1542	-7.0539	12198.3609	2786.2517	0.1329	8.96753E-12
20	107.1599	-7.0537	12866.7166	3045.2668	0.0343	2.07723E-12
21	107.1655	-7.0535	13474.6014	3044.3254	-0.0034	1.90047E-13
22	107.1711	-7.0533	14098.2212	3108.3145	-0.0305	1.53915E-12
23	107.1767	-7.0531	14694.6638	3042.3048	0.0313	1.45413E-12
24	107.1823	-7.0529	15306.4993	3041.2256	-0.0003	1.1779E-14
25	107.1879	-7.0527	15919.3528	3040.1005	0.0449	1.77849E-12
26	107.1936	-7.0525	16509.584	2908.9752	0.0202	7.44344E-13
27	107.1992	-7.0524	17017.4588	2192.9741	0.0233	8.08726E-13
28	107.2048	-7.0522	17637.292	2191.7113	0.0339	1.09543E-12
29	107.2104	-7.052	18249.7193	2125.4191	0.7942	2.39403E-11
30	107.216	-7.0518	18877.9683	2189.0477	-0.2363	6.6563E-12
31	107.2216	-7.0516	19498.7472	2187.6471	-0.1202	3.17454E-12
32	107.2273	-7.0514	20119.7836	2186.2006	0.2541	6.30227E-12
33	107.2329	-7.0512	20755.3087	2314.6733	-0.1062	2.47595E-12
34	107.2385	-7.051	21376.3791	2313.1349	-0.0003	6.99704E-15
35	107.2441	-7.0509	21997.6687	2311.5506	-0.0003	6.70508E-15
36	107.2497	-7.0507	22619.1593	2309.9203	-0.0003	6.43418E-15
37	107.2553	-7.0505	23240.8348	2308.2442	-0.059	1.09639E-12
38	107.261	-7.0503	23862.6808	2306.5221	0.173	3.04956E-12
39	107.2666	-7.0501	24504.0892	2499.6982	0.0277	4.62652E-13
40	107.2722	-7.0499	25125.758	2497.8842	0.045	7.16277E-13
41	107.2778	-7.0497	25796.3565	2950.8766	0.0604	9.11142E-13
42	107.2834	-7.0495	26432.212	3078.9241	-0.107	1.5372E-12
43	107.289	-7.0493	27052.8824	3076.9724	-0.0004	4.96641E-15
44	107.2947	-7.0492	27673.745	3074.9748	-0.0004	4.80782E-15
45	107.3003	-7.049	28294.787	3072.9312	-0.0004	4.67199E-15
46	107.3059	-7.0488	28915.9969	3070.8417	0.0414	4.96514E-13
47	107.3115	-7.0486	29523.9154	2938.753	0.019	2.19015E-13
48	107.3171	-7.0484	30103.9833	2481.7195	0.0269	2.98405E-13
49	107.3227	-7.0482	30726.7474	2479.4923	0.0393	4.17982E-13
50	107.3284	-7.048	31334.4327	2282.275	0.0291	2.97658E-13

Tabel IV.15 Data BTS dan ponsel dengan EIRP ponsel 30 dBm.

Data	Tinggi (m)	Frekuensi (MHz)	EIRP (dBm)	Sensitivitas (dBm)
Data 8				
BTS	40	941	56.2	-104
Ponsel	1.5	896	30	-102



Gambar 4.16 Letak BTS dan ponsel ketika EIRP ponsel 30 dBm



Gambar 4.17 Hasil uji coba ketika EIRP ponsel 30 dBm

Tabel IV.16 Data hasil deteksi daerah lubang dengan EIRP ponsel 30 dBm.

Data ke-	Longitude (°)	Latitude (°)	Jarak (m)	Tinggi (m)	UTD	Kuat Medan (watt)
1	107.041	-7.0654	3181.9724	3119.4047	NaN	NaN
2	107.0466	-7.0652	3361.0406	3119.3358	-0.0004	3.25528E-14
3	107.0522	-7.065	3639.9637	3119.221	-0.0003	2.22616E-14
4	107.0578	-7.0648	3997.8963	3119.0603	-0.0003	1.63675E-14
5	107.0634	-7.0646	4415.6665	3118.8537	0.0404	2.08159E-12
6	107.0691	-7.0644	4795.8152	2988.6478	0.0164	7.16274E-13
7	107.0747	-7.0642	5191.2328	2793.4156	0.028	1.04234E-12
8	107.0803	-7.064	5727.7504	2793.0712	-0.0002	6.6479E-15
9	107.0859	-7.0639	6280.6407	2792.6809	-0.0002	5.54227E-15
10	107.0915	-7.0637	6845.9381	2792.2446	-0.0002	5.06168E-15

Data ke-	Longitude (°)	Latitude (°)	Jarak (m)	Tinggi (m)	UTD	Kuat Medan (watt)
11	107.0971	-7.0635	7420.8076	2791.7624	0.1679	3.06044E-12
12	107.1028	-7.0633	7818.1247	2206.4064	0.0648	1.06398E-12
13	107.1084	-7.0631	8702.7056	3115.5472	0.001	1.34523E-14
14	107.114	-7.0629	9288.8047	3114.9273	-0.0002	2.71865E-15
15	107.1196	-7.0627	9879.6658	3114.2614	-0.0002	2.43892E-15
16	107.1252	-7.0625	10474.4832	3113.5496	-0.0003	2.5811E-15
17	107.1308	-7.0623	11072.6192	3112.7919	0.1436	1.17573E-12
18	107.1365	-7.0622	11451.5814	2137.2901	-0.2681	2.05262E-12
19	107.1421	-7.062	12102.214	2331.3891	0.029	1.98725E-13
20	107.1477	-7.0618	12715.9338	2330.4936	0.0368	2.28359E-13
21	107.1533	-7.0616	13460.0133	2979.3485	0.0858	4.7572E-13
22	107.1589	-7.0614	14098.2212	3108.3145	-0.0961	4.85186E-13
23	107.1645	-7.0612	14708.3146	3107.2812	-0.0003	1.25335E-15
24	107.1702	-7.061	15319.6049	3106.202	0.0344	1.47302E-13
25	107.1758	-7.0608	15919.3528	3040.1005	0.0313	1.23924E-13
26	107.1814	-7.0607	16533.1111	3038.9295	-0.0003	1.05191E-15
27	107.187	-7.0605	17147.6771	3037.7126	0.0425	1.45087E-13
28	107.1926	-7.0603	17720.1014	2776.5391	0.0328	1.05023E-13
29	107.1982	-7.0601	18337.4822	2775.2303	0.0702	2.09671E-13
30	107.2039	-7.0599	18877.9683	2189.0477	0.0107	3.01883E-14
31	107.2095	-7.0597	19491.487	2122.6638	0.0313	8.27295E-14
32	107.2151	-7.0595	20112.7476	2121.2172	-0.0003	7.6626E-16
33	107.2207	-7.0593	20734.2293	2119.7247	-0.5178	1.20918E-12
34	107.2263	-7.0591	21355.9128	2118.1863	0.4602	1.01295E-12
35	107.232	-7.059	21984.2199	2181.5853	0.0093	1.94118E-14
36	107.2376	-7.0588	22606.0803	2179.9551	-0.0064	1.26033E-14
37	107.2432	-7.0586	23240.8348	2308.2442	-0.0285	5.29025E-14
38	107.2488	-7.0584	23850.2837	2176.5568	-0.4856	8.57058E-13
39	107.2544	-7.0582	24472.6023	2174.7888	0.0255	4.27665E-14
40	107.26	-7.058	25106.8335	2302.9401	0.0233	3.70728E-14
41	107.2657	-7.0578	25747.585	2496.0244	0.0277	4.18794E-14
42	107.2713	-7.0576	26369.5593	2494.1186	0.0448	6.4727E-14
43	107.2769	-7.0575	27038.1979	2947.0191	0.0604	8.29487E-14
44	107.2825	-7.0573	27673.745	3074.9748	-0.1075	1.40922E-13
45	107.2881	-7.0571	28294.787	3072.9312	-0.0004	4.6582E-16
46	107.2937	-7.0569	28915.9969	3070.8417	-0.0004	4.5169E-16
47	107.2994	-7.0567	29537.3642	3068.7063	-0.0004	4.3832E-16
48	107.305	-7.0565	30158.879	3066.525	-0.0004	4.2691E-16
49	107.3106	-7.0563	30780.5325	3064.2978	0.0367	3.88576E-14
50	107.3162	-7.0561	31389.6667	2932.0713	0.0336	3.4254E-14

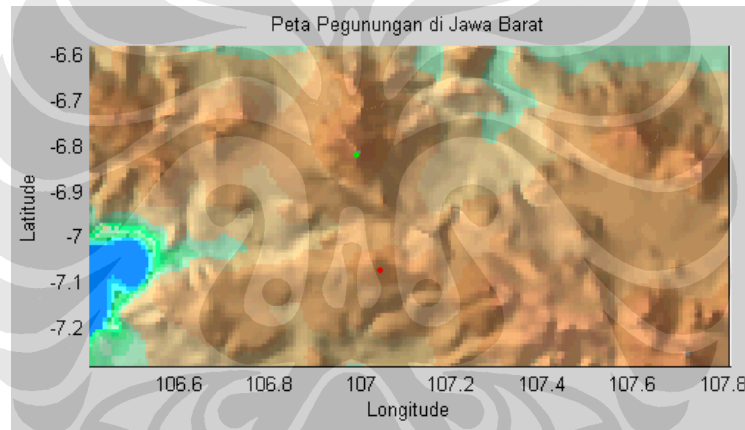
4.2.2 Sensitivitas Antena BTS

Pengujian terakhir ini adalah melihat daerah jangkauan ponsel dengan membedakan sensitivitas antena BTS. Nilai sensitivitas antena BTS yang diberikan adalah -104 dBm dan -100 dBm. Data-data BTS dan ponsel yang

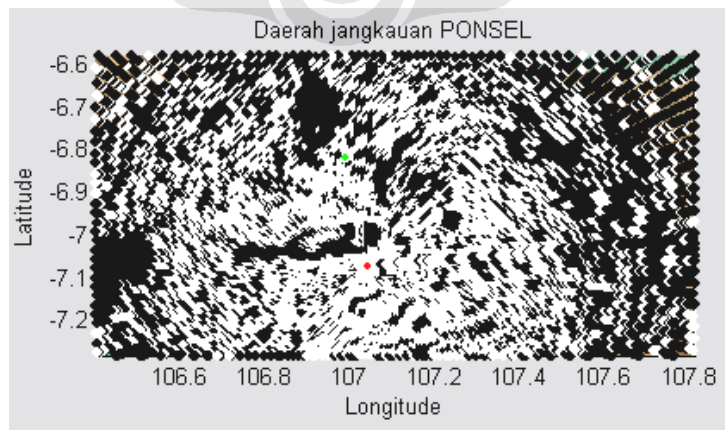
digunakan dalam pengujian ini terdapat dalam Tabel IV.17 dan Tabel IV.19. Untuk melihat posisi BTS dan ponsel terdapat dalam Gambar 4.18 dan Gambar 4.20, kemudian hasil dari uji coba dapat dilihat pada Gambar 4.19 dan Gambar 4.21. Data kuat medan dari tiap uji coba dapat dilihat dalam Tabel IV.18 dan Tabel IV.19.

Tabel IV.17 Data BTS dan ponsel dengan sensitivitas antenna BTS -104 dBm.

Data 9	Tinggi (m)	Frekuensi (MHz)	EIRP (dBm)	Sensitivitas (dBm)
BTS	40	941	56.2	-104
Ponsel	1.5	896	36	-102



Gambar 4.18 Letak BTS dan ponsel ketika sensitivitas antenna BTS -104 dBm.



Gambar 4.19 Hasil uji coba ketika sensitivitas antenna BTS -104 dBm.

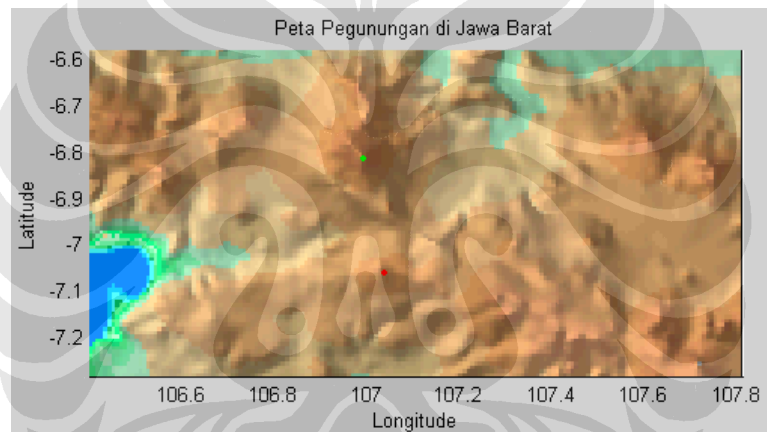
Tabel IV.18 Data hasil deteksi daerah lubang dengan sensitivitas antenna BTS -104 dBm.

Data ke-	Longitude (°)	Latitude (°)	Jarak (m)	Tinggi (m)	UTD	Kuat Medan (watt)
1	107.0491	-7.0735	3181.9724	3119.4047	NaN	NaN
2	107.0547	-7.0733	3361.0406	3119.3358	-0.0004	1.29595E-13
3	107.0603	-7.0731	3639.9637	3119.221	-0.0003	8.8625E-14
4	107.0659	-7.0729	3997.8963	3119.0603	-0.0003	6.47336E-14
5	107.0715	-7.0727	4415.6665	3118.8537	-0.0002	4.92834E-14
6	107.0772	-7.0725	4877.9241	3118.6011	-0.0002	3.87072E-14
7	107.0828	-7.0723	5373.1995	3118.3026	-0.0002	3.12131E-14
8	107.0884	-7.0721	5893.174	3117.9582	0.0447	5.13882E-12
9	107.094	-7.072	6400.5818	3052.5914	0.0212	2.06639E-12
10	107.0996	-7.0718	6673.1134	2337.382	-0.2317	2.07982E-11
11	107.1052	-7.0716	7261.6775	2336.8998	0.0406	3.07831E-12
12	107.1109	-7.0714	8147.5885	3181.0972	0.0009	5.3881E-14
13	107.1165	-7.0712	8726.2197	3180.5232	-0.0003	1.46992E-14
14	107.1221	-7.071	9310.8387	3179.9032	0.139	6.40643E-12
15	107.1277	-7.0708	9616.3622	2139.5632	0.1895	8.19022E-12
16	107.1333	-7.0706	10315.3586	2528.7441	0.0513	1.92714E-12
17	107.1389	-7.0705	10922.2123	2527.9864	0.0449	1.50334E-12
18	107.1446	-7.0703	11590.9325	2787.1013	0.0384	1.14196E-12
19	107.1502	-7.0701	12244.5124	2981.1854	0.0268	7.13791E-13
20	107.1558	-7.0699	12851.4385	2980.2899	0.2532	6.12718E-12
21	107.1614	-7.0697	13489.4869	3109.3018	-0.0948	2.08221E-12
22	107.167	-7.0695	14098.2212	3108.3145	-0.0003	5.34287E-15
23	107.1727	-7.0693	14708.3146	3107.2812	0.0355	6.56261E-13
24	107.1783	-7.0691	15306.4993	3041.2256	0.0184	3.13045E-13
25	107.1839	-7.0689	15894.9172	2910.1462	0.0349	5.52806E-13
26	107.1895	-7.0688	16509.584	2908.9752	0.0732	1.0727E-12
27	107.1951	-7.0686	17034.8292	2322.9393	0.0108	1.49273E-13
28	107.2007	-7.0684	17637.292	2191.7113	0.0302	3.87731E-13
29	107.2064	-7.0682	18257.4733	2190.4025	-0.0003	3.53718E-15
30	107.212	-7.068	18877.9683	2189.0477	0.0344	3.86026E-13
31	107.2176	-7.0678	19491.487	2122.6638	0.0313	3.29352E-13
32	107.2232	-7.0676	20112.7476	2121.2172	-0.0003	3.05053E-15
33	107.2288	-7.0674	20734.2293	2119.7247	-0.0003	2.91419E-15
34	107.2344	-7.0672	21355.9128	2118.1863	-0.5274	4.6224E-12
35	107.2401	-7.0671	21977.7809	2116.602	0.4594	3.80131E-12
36	107.2457	-7.0669	22606.0803	2179.9551	-0.2411	1.88548E-12
37	107.2513	-7.0667	23228.1058	2178.2789	-0.0003	2.4626E-15
38	107.2569	-7.0665	23850.2837	2176.5568	-0.0003	2.36902E-15
39	107.2625	-7.0663	24472.6023	2174.7888	-0.0226	1.50649E-13
40	107.2681	-7.0661	25095.0511	2172.9749	0.0307	1.94815E-13
41	107.2738	-7.0659	25747.585	2496.0244	0.0534	3.22146E-13
42	107.2794	-7.0657	26395.8227	2754.0371	0.0405	2.32447E-13
43	107.285	-7.0656	27052.8824	3076.9724	-0.0336	1.83353E-13
44	107.2906	-7.0654	27673.745	3074.9748	-0.0004	1.91403E-15
45	107.2962	-7.0652	28294.787	3072.9312	-0.0004	1.85446E-15

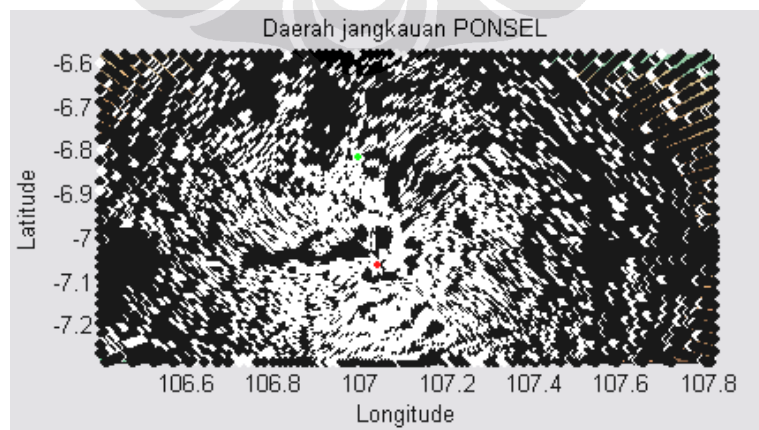
Data ke-	Longitude (°)	Latitude (°)	Jarak (m)	Tinggi (m)	UTD	Kuat Medan (watt)
46	107.3018	-7.065	28915.9969	3070.8417	-0.0004	1.7982E-15
47	107.3075	-7.0648	29537.3642	3068.7063	-0.0004	1.74497E-15
48	107.3131	-7.0646	30158.879	3066.525	-0.0004	1.69455E-15
49	107.3187	-7.0644	30780.5325	3064.2978	-0.0004	1.64675E-15
50	107.3243	-7.0642	31402.3164	3062.0246	-0.0004	1.68869E-15

Tabel IV.19 Data BTS dan ponsel dengan sensitivitas antenna BTS -100 dBm.

Data 10	Tinggi (m)	Frekuensi (MHz)	EIRP (dBm)	Sensitivitas (dBm)
BTS	40	941	56.2	-100
Ponsel	1.5	896	36	-102



Gambar 4.20 Letak BTS dan ponsel ketika sensitivitas antenna BTS -100 dBm.



Gambar 4.21 Hasil uji coba ketika sensitivitas antenna BTS -100 dBm.

Tabel IV.20 Data hasil deteksi daerah lubang dengan sensitivitas antenna BTS -100 dBm.

Data ke-	Longitude (°)	Latitude (°)	Jarak (m)	Tinggi (m)	UTD	Kuat Medan (watt)
1	107.045	-7.0613	3181.9724	3119.4047	NaN	NaN
2	107.0506	-7.0611	3361.0406	3119.3358	-0.0004	1.29595E-13
3	107.0563	-7.0609	3639.9637	3119.221	-0.0003	8.94132E-14
4	107.0619	-7.0607	3997.8963	3119.0603	0.0373	9.32797E-12
5	107.0675	-7.0606	4324.7903	2988.9004	0.0304	6.50685E-12
6	107.0731	-7.0604	4795.8152	2988.6478	0.04	6.94779E-12
7	107.0787	-7.0602	5191.2328	2793.4156	0.028	4.14965E-12
8	107.0843	-7.06	5727.7504	2793.0712	-0.0002	2.64658E-14
9	107.09	-7.0598	6280.6407	2792.6809	-0.0002	2.38692E-14
10	107.0956	-7.0596	6845.9381	2792.2446	0.0718	6.11907E-12
11	107.1012	-7.0594	7220.8351	2206.9345	-0.3708	2.84229E-11
12	107.1068	-7.0592	7818.1247	2206.4064	0.0365	2.3893E-12
13	107.1124	-7.059	8702.7056	3115.5472	0.001	5.35546E-14
14	107.118	-7.0589	9288.8047	3114.9273	-0.0002	1.08231E-14
15	107.1237	-7.0587	9879.6658	3114.2614	-0.0003	1.14184E-14
16	107.1293	-7.0585	10474.4832	3113.5496	0.1748	6.36921E-12
17	107.1349	-7.0583	10838.3357	2138.0937	-0.1223	4.15981E-12
18	107.1405	-7.0581	11463.9344	2202.2734	0.01	3.04086E-13
19	107.1461	-7.0579	12077.7516	2201.4238	0.0294	8.05721E-13
20	107.1517	-7.0577	12807.4743	2785.3562	0.0876	2.13349E-12
21	107.1574	-7.0575	13474.6014	3044.3254	0.0342	7.52666E-13
22	107.163	-7.0574	14083.979	3043.3381	-0.0034	6.93386E-14
23	107.1686	-7.0572	14708.3146	3107.2812	-0.0305	5.63128E-13
24	107.1742	-7.057	15306.4993	3041.2256	0.0313	5.336E-13
25	107.1798	-7.0568	15919.3528	3040.1005	-0.0003	4.40583E-15
26	107.1854	-7.0566	16533.1111	3038.9295	0.0367	5.36916E-13
27	107.1911	-7.0564	17124.9943	2907.7583	0.0361	4.92601E-13
28	107.1967	-7.0562	17741.0708	2906.4954	0.0905	1.14888E-12
29	107.2023	-7.056	18257.4733	2190.4025	0.0096	1.15048E-13
30	107.2079	-7.0558	18870.4693	2124.0644	-0.9595	1.07691E-11
31	107.2135	-7.0557	19491.487	2122.6638	0.4623	4.86406E-12
32	107.2192	-7.0555	20119.7836	2186.2006	-0.238	2.34986E-12
33	107.2248	-7.0553	20741.0545	2184.7081	-0.1243	1.15505E-12
34	107.2304	-7.0551	21362.5393	2183.1697	0.2537	2.22178E-12
35	107.236	-7.0549	21997.6687	2311.5506	-0.1068	8.82123E-13
36	107.2416	-7.0547	22619.1593	2309.9203	-0.0003	2.5615E-15
37	107.2472	-7.0545	23240.8348	2308.2442	-0.0003	2.46121E-15
38	107.2529	-7.0543	23862.6808	2306.5221	-0.0003	2.36776E-15
39	107.2585	-7.0542	24484.6842	2304.7541	-0.0607	4.05002E-13
40	107.2641	-7.054	25106.8335	2302.9401	0.004	2.52979E-14
41	107.2697	-7.0538	25747.585	2496.0244	0.0305	1.84118E-13
42	107.2753	-7.0536	26417.1825	2948.9708	0.056	3.20818E-13
43	107.2809	-7.0534	27038.1979	2947.0191	0.2518	1.3769E-12
44	107.2866	-7.0532	27673.745	3074.9748	-0.1075	5.61022E-13
45	107.2922	-7.053	28294.787	3072.9312	-0.0004	1.85446E-15

Data ke-	Longitude (°)	Latitude (°)	Jarak (m)	Tinggi (m)	UTD	Kuat Medan (watt)
46	107.2978	-7.0528	28915.9969	3070.8417	-0.0004	1.7982E-15
47	107.3034	-7.0526	29537.3642	3068.7063	-0.0004	1.74497E-15
48	107.309	-7.0525	30158.879	3066.525	-0.0004	1.69957E-15
49	107.3146	-7.0523	30780.5325	3064.2978	0.0413	1.74336E-13
50	107.3203	-7.0521	31389.6667	2932.0713	0.019	7.71684E-14

4.3 ANALISIS HASIL UJI COBA PENDETEKSIAN DAERAH LUBANG

Model komputasi perambatan gelombang radio tiga dimensi dengan menggunakan metode UTD modifikasi bertujuan untuk mendeteksi *blank spot*. Sistem ini mendapatkan inputan berupa data tinggi, frekuensi, EIRP, dan sensitivitas antena penerima, baik dari BTS maupun dari ponsel. Kemudian sistem ini melakukan perhitungan kuat medan keluaran dari pemancar sehingga memperoleh kuat medan masukan pada sisi penerima, kemudian membandingkan kuat medan masukan tersebut dengan suatu nilai tertentu, yaitu nilai sensitivitas antena penerima pada penerima.

Jika kuat medan masukan pada penerima lebih besar dari nilai sensitivitas antena penerima disisi penerima, maka dapat diartikan bahwa penerima tersebut mampu menerima sinyal dari pemancar. Namun sebaliknya, jika kuat medan masukan pada penerima lebih kecil dari sensitivitas antena penerima pada sisi penerima, maka penerima tersebut tidak dapat menerima sinyal dari pemancar. Untuk daerah yang memiliki nilai kuat medan lebih besar dari nilai sensitivitas antena penerima, maka dalam peta akan diberi warna putih. Sedangkan untuk nilai kuat medan yang lebih kecil dari nilai sensitivitas antena penerima, maka akan diberikan warna hitam pada peta.

Dari perangkat lunak ini, juga diperoleh data berupa *longitude*, *latitude*, jarak yang diukur dari titik pemancar, tinggi wilayah, koefisien UTD, dan yang terakhir adalah data kuat medan disisi penerima. Data-data ini disimpan dalam *file* *bts.txt* jika daerah jangkauan yang ingin dilihat adalah BTS dan *ponsel.txt* jika daerah jangkauan yang ingin dilihat adalah ponsel. Kedua *file* tersebut disimpan dalam direktori yang sama dengan direktori tempat perangkat lunak disimpan. Data-data yang terdapat dalam kedua *file* tersebut tidak bersifat permanen, karena

data-data tersebut akan berganti setiap perangkat lunak menjalankan pendeteksian daerah lubang. Contoh dari tampilan data hasil pendeteksian daerah lubang yang dihasilkan dari perangkat lunak untuk *bts.txt* terdapat dalam Gambar 4.22. Kemudian untuk tampilan data hasil pendeteksian daerah lubang pada *ponsel.txt* terdapat dalam Gambar 4.23.

Daerah Jangkauan BTS						
Sensitivitas = 0.0000000000006309573						
No.	Longitude	Latitude	Jarak	Tinggi	UTD	Kuat Medan
1	107.0045	-6.8141	3373.3920	3314.3310	NaN	NaN
2	107.0101	-6.8139	3542.7981	3314.2621	0.0000	0.00000000000087663831
3	107.0157	-6.8138	3808.4329	3314.1473	0.0000	0.000000000000082177177
4	107.0214	-6.8136	4151.8670	3313.9865	0.0000	0.00000000000075590139
5	107.0270	-6.8134	4555.5390	3313.7799	0.0000	0.00000000000068822924
6	107.0326	-6.8132	5004.8945	3313.5273	0.0000	0.00000000000062439230
7	107.0382	-6.8130	5488.7246	3313.2288	0.0000	0.00000000000056684877
8	107.0438	-6.8128	5998.6936	3312.8844	0.0000	0.00000000000051615680
9	107.0494	-6.8126	6528.6789	3312.4941	0.0121	0.000000000010780643351
10	107.0551	-6.8124	7074.1832	3312.0578	0.0408	0.000000000030921426918
11	107.0607	-6.8122	7549.2225	3311.6494	0.0331	0.000000000022051997586
12	107.0663	-6.8121	8122.3995	3311.1213	0.0037	0.00000000002114764916
13	107.0719	-6.8119	8702.7056	3311.5472	0.0325	0.000000000016261771919
14	107.0775	-6.8117	9287.1742	3049.8509	0.5647	0.00000000248512667596
15	107.0831	-6.8115	9879.6658	3114.2614	-1.0799	0.00000000419807881050
16	107.0888	-6.8113	10474.4832	3113.5496	0.0001	0.00000000000028667953
17	107.0944	-6.8111	11072.6192	3112.7919	0.0001	0.0000000000027045680
18	107.1000	-6.8109	11673.5638	3111.9883	0.0001	0.00000000000025589645
19	107.1056	-6.8107	12276.9045	3111.1387	0.0001	0.00000000000024276602
20	107.1112	-6.8106	12882.3046	3110.2432	0.0001	0.000000000000203087250
21	107.1168	-6.8104	13489.4869	3109.3018	0.0106	0.0000000000202702575
22	107.1225	-6.8102	14098.2212	3108.3145	0.0404	0.00000000007711988253
23	107.1281	-6.8100	14668.1882	2912.3505	0.0333	0.00000000005873280549
24	107.1337	-6.8098	15281.0838	2911.2713	0.0001	0.00000000000019325583
25	107.1393	-6.8096	15894.9172	2910.1462	0.0001	0.00000000000018590804
26	107.1449	-6.8094	16509.5840	2908.9752	0.0001	0.00000000000017844044
27	107.1505	-6.8092	17124.9943	2907.7583	7.6335	0.00000000987689457819
28	107.1562	-6.8090	17741.0708	2906.4954	0.9684	0.00000000116751658428
29	107.1618	-6.8089	18378.9079	3035.1409	0.4918	0.0000000055246004715

Gambar 4.22 Contoh tampilan data hasil deteksi daerah lubang dalam *file* *bts.txt*

Daerah Jangkauan PONSEL						
Sensitivitas = 0.0000000000003981072						
No.	Longitude	Latitude	Jarak	Tinggi	UTD	Kuat Medan
1	107.0410	-7.0573	3191.9724	3119.4047	NaN	NaN
2	107.0466	-7.0571	3361.0406	3119.3358	0.0565	0.00000000001998662358
3	107.0522	-7.0569	3584.4052	3054.2446	-0.0013	0.0000000000041864516
4	107.0578	-7.0567	3560.1966	2534.2548	0.0239	0.00000000000752190520
5	107.0634	-7.0565	4023.6719	2534.0482	0.0478	0.00000000000180892498
6	107.0691	-7.0563	4352.4526	2208.8862	0.0257	0.00000000000542799339
7	107.0747	-7.0561	4901.1196	2208.5878	-0.0133	0.00000000000221450408
8	107.0803	-7.0559	5466.1869	2208.2433	0.0366	0.00000000000489317273
9	107.0859	-7.0557	6169.3312	2532.7623	0.0471	0.000000000000494307418
10	107.0915	-7.0556	6845.9381	2792.2446	-1.4971	0.00000000012767856467
11	107.0971	-7.0554	7420.8076	2791.7624	0.1574	0.00000000001142243346
12	107.1028	-7.0552	7855.8624	2336.3717	0.0759	0.000000000000491566265
13	107.1084	-7.0550	8702.7056	3115.5472	-0.0011	0.00000000000005576184
14	107.1140	-7.0548	9288.8047	3114.9273	-0.0002	0.0000000000001082314
15	107.1196	-7.0546	9879.6658	3114.2614	-0.0002	0.00000000000000970952
16	107.1252	-7.0544	10474.4832	3113.5496	-0.0002	0.00000000000000877228
17	107.1308	-7.0542	11072.6192	3112.7919	-0.0003	0.00000000000000916314
18	107.1365	-7.0541	11673.5638	3111.9883	0.1486	0.00000000000435752393
19	107.1421	-7.0539	12077.7516	2201.4238	-0.1480	0.00000000000405560308
20	107.1477	-7.0537	12692.6543	2200.5284	0.0291	0.0000000000007228861
21	107.1533	-7.0535	13418.0432	2784.4148	0.0877	0.00000000000194679663
22	107.1589	-7.0533	14083.9790	3043.3381	0.0341	0.00000000000068784311
23	107.1645	-7.0531	14694.6638	3042.3048	-0.0034	0.00000000000006377378
24	107.1702	-7.0529	15319.6049	3106.2020	-0.0305	0.00000000000051922406
25	107.1758	-7.0527	15919.3528	3040.1005	0.0313	0.00000000000049334951
26	107.1814	-7.0525	16533.1111	3038.9295	-0.0003	0.0000000000000415075
27	107.1870	-7.0524	17147.6771	3037.7126	0.0367	0.00000000000049907705
28	107.1926	-7.0522	17741.0708	2906.4954	0.0361	0.00000000000045873283
29	107.1982	-7.0520	18357.7464	2905.1866	0.0903	0.00000000000107094606

Gambar 4.23 Contoh tampilan data hasil deteksi daerah lubang dalam *file* *ponsel.txt*

Jumlah keseluruhan data masing-masing untuk *longitude*, *latitude*, jarak, tinggi wilayah, koefisien UTD, dan kuat medan penerima yang diperoleh dari perangkat lunak adalah 38000 (tiga puluh delapan ribu) data. Tetapi jumlah data yang ditampilkan dalam skripsi ini hanya 50 (lima puluh) data. 50 (lima puluh) data yang ditampilkan dalam skripsi ini digunakan sebagai contoh data yang diperoleh dari perangkat lunak dalam setiap pengujian.

Pengambilan 50 (lima puluh) data yang diambil dari 38000 (tiga puluh delapan ribu) data cukup bervariasi. Terdapat data yang diambil dari data ke-1 sampai dengan data ke-50, kemudian terdapat juga data yang diambil dari data ke-51 sampai dengan data ke-100, atau variasi pengambilan data yang terakhir adalah data ke-100 sampai dengan data ke-150. Variasi ini dilakukan untuk memperoleh data kuat medan penerima dari 200 (dua ratus) data pertama yang memiliki jumlah data kuat medan penerima yang lebih kecil dari sensitivitas antena penerima cukup banyak.

4.3.1 Analisis Deteksi Daerah lubang Dengan Merubah EIRP BTS

Seperti yang telah diketahui bahwa pengujian tahap ini dilakukan dengan merubah nilai EIRP BTS, yaitu 60.2 dBm dan 50.2 dBm. Dalam pengujian ini, yang berperan sebagai penerima adalah ponsel, sehingga sensitivitas antena ponsel digunakan sebagai nilai pembandingan untuk kuat medan masukan pada penerima agar dapat mendeteksi daerah lubang.

Sensitivitas antena ponsel yang digunakan adalah sebesar -102 dBm atau sama dengan 6.3096×10^{-14} watt. Dari kolom kuat medan pada Tabel IV.2 terlihat bahwa tidak ada nilai kuat medan yang lebih kecil dari nilai sensitivitas antena ponsel. Sedangkan dalam Tabel IV.4, terdapat 9 (Sembilan) data yang diberikan warna hijau. Data-data tersebut memiliki nilai lebih kecil dari nilai sensitivitas antena ponsel.

Jika Gambar 4.3 dan Gambar 4.5 diperhatikan, maka daerah lubang pada Gambar 4.5 lebih banyak dari Gambar 4.3. Hal ini dikarenakan Gambar 4.3 dan Tabel IV.2 merupakan hasil deteksi daerah lubang dengan menggunakan EIRP BTS yang besar, yaitu 60.2 dBm. Dengan EIRP yang besar, berarti pancaran kuat medan dari pemancar kuat, sehingga level penerimaan kuat medan disisi penerima

berada pada nilai di atas sensitivitas antenna ponsel. Oleh karena itu, ketika EIRP BTS besar, maka daerah lubang yang muncul sangat sedikit.

Persentase dari jumlah daerah lubang dan daerah yang bukan daerah lubang dari 50 (lima puluh) data hasil pengujian dengan mengubah EIRP BTS dapat dilihat dalam Tabel IV.21. Dalam Tabel IV.21, daerah yang memiliki kuat medan penerima lebih kecil dari sensitivitas antenna ponsel disebut sebagai daerah lubang. Sedangkan daerah yang memiliki kuat medan lebih besar dari sensitivitas antenna ponsel disebut sebagai daerah penangkap sinyal.

Tabel IV.21 Persentase jumlah daerah lubang dan daerah penangkap sinyal dari data hasil pengujian dengan mengubah EIRP BTS

EIRP BTS (dBm)	Daerah Lubang (%)	Daerah Penangkap Sinyal (%)
60.2	0	100
50.2	18	82

4.3.2 Analisis Deteksi Daerah lubang Dengan Merubah Sensitivitas Antena Ponsel

Dalam pengujian dengan merubah sensitivitas antenna ponsel, digunakan nilai sensitivitas antenna ponsel sebesar -102 dBm atau sama dengan 6.3096×10^{-14} watt dan -104 dBm atau sama dengan 3.9811×10^{-14} watt. Dari gambar hasil uji coba, yaitu Gambar 4.7 dan Gambar 4.9, daerah lubang yang terdapat pada Gambar 4.9 lebih sedikit dari Gambar 4.7. Kemudian dari data ke-51 sampai dengan data ke-100 pada Tabel IV.6 terdapat 11 (sebelas) data dalam kolom kuat medan bernilai lebih kecil dari 6.3096×10^{-14} watt, sedangkan data ke-51 sampai dengan data ke-100 pada kolom kuat medan dalam Tabel IV.8 tidak memiliki nilai yang lebih kecil dari 3.9811×10^{-14} watt. Data-data kuat medan penerima dalam Tabel IV.6 dan Tabel IV.8 yang lebih kecil dari sensitivitas antenna ponsel terdapat pada kotak yang diberi warna hijau.

Hasil tersebut diperoleh karena terpengaruh dari adanya perubahan sensitivitas antenna penerima, yang dalam skripsi ini adalah sensitivitas antenna ponsel. Ketika suatu antenna penerima dirubah nilai sensitivitasnya, maka hal ini juga merubah jumlah daerah lubang yang muncul. Dengan memperbesar nilai

sensitivitas antena, maka jumlah daerah lubang akan lebih banyak. Hal ini dikarenakan kuat medan penerima yang bernilai lebih kecil dari nilai sensitivitas antena penerima jumlahnya lebih banyak dari kuat medan penerima yang nilainya lebih besar dari sensitivitas antena penerima. Namun, jika sensitivitas antena diperkecil, maka jumlah kuat medan penerima yang nilainya lebih besar dari sensitivitas antena penerima akan lebih banyak dibandingkan dengan nilai kuat medan penerima yang nilainya lebih kecil dari sensitivitas antena penerima. Sehingga daerah lubang yang muncul juga akan lebih sedikit.

Berikut ini adalah persentase dari jumlah daerah lubang dan daerah penangkap sinyal dari 50 (lima puluh) data hasil pengujian dengan mengubah sensitivitas antena ponsel dapat dilihat dalam Tabel IV.22. Yang dimaksud dengan daerah lubang adalah daerah yang memiliki kuat medan penerima lebih kecil dari sensitivitas antena ponsel dan yang dimaksud dengan daerah penangkap sinyal adalah daerah yang memiliki kuat medan lebih besar dari sensitivitas antena ponsel.

Tabel IV.22 Persentase jumlah daerah lubang dan daerah penangkap sinyal dari data hasil pengujian dengan mengubah sensitivitas antena ponsel

Sensitivitas Antena Ponsel (dBm)	Daerah Lubang (%)	Daerah Penangkap Sinyal (%)
-102	22	78
-104	0	100

4.3.3 Analisis Deteksi Daerah lubang Dengan Merubah Tinggi menara BTS

Pengujian dilakukan untuk mendeteksi daerah lubang dengan membedakan parameter tinggi menara BTS. Tinggi menara BTS yang diujicobakan adalah 50 meter dan 20 meter. Dengan nilai sensitivitas antena ponsel sebesar -102 dBm atau sama dengan 6.3096×10^{-14} watt.

Gambar 4.11 yang merupakan hasil dari uji coba dengan tinggi menara BTS 50 meter memiliki letak daerah lubang yang tidak jauh berbeda dengan Gambar 4.13 yang merupakan hasil uji coba deteksi daerah lubang dengan tinggi menara BTS 20 meter. Hal ini dapat dikarenakan letak dari BTS pada kedua pengujian berdekatan. Ketika pengujian dengan tinggi menara BTS 50 meter, BTS

terletak pada 107.1691 derajat untuk *longitude* dan -6.9035 derajat untuk *latitude*. Dan ketika pengujian dengan ketinggian BTS 20 meter, letak BTS berada pada *longitude* 107.265 derajat dan pada *latitude* -6.9237 derajat.

Jika melihat data ke-100 sampai dengan data ke-150 pada Tabel IV.10 dan Tabel IV.12 terlihat bahwa kedua tabel memiliki jumlah data yang diberi warna hijau atau data dengan nilai kuat medan yang lebih kecil dari sensitivitas antena ponsel sebanyak 35 data. Namun demikian, besarnya nilai kuat medan penerima untuk tiap tabel berbeda. Sebagai contoh data ke-116 pada Tabel IV.10 dan Tabel IV.12. Data kuat medan penerima tersebut berada pada jarak 72541.8631 meter dari titik BTS dan dengan ketinggian daerah 2355.6162 meter, tetapi memiliki kuat medan penerima yang berbeda, untuk Tabel IV.10 kuat medan penerimanya adalah 3.946×10^{-14} watt sedangkan untuk Tabel IV.12 kuat medan penerimanya adalah 3.94352×10^{-14} watt. Dari contoh tersebut dapat diketahui bahwa ketinggian menara BTS mempengaruhi besarnya kuat medan yang diterima oleh penerima.

Persentase dari jumlah daerah lubang dan daerah yang bukan daerah lubang dari 50 (lima puluh) data hasil pengujian dengan mengubah Tinggi menara BTS dapat dilihat dalam Tabel IV.23. Dalam Tabel IV.23, daerah yang memiliki kuat medan penerima lebih kecil dari sensitivitas antena ponsel disebut sebagai daerah lubang. Sedangkan daerah yang memiliki kuat medan lebih besar dari sensitivitas antena ponsel disebut sebagai daerah penangkap sinyal.

Tabel IV.23 Persentase jumlah daerah lubang dan daerah penangkap sinyal dari data hasil pengujian dengan mengubah tinggi menara BTS

Tinggi Menara BTS (m)	Daerah Lubang (%)	Daerah Penangkap Sinyal (%)
50	70	30
20	70	30

4.3.4 Analisis Deteksi Daerah lubang Dengan Merubah EIRP Ponsel

Uji coba tahap ini adalah uji coba dengan menjadikan ponsel sebagai pemancar dan BTS sebagai penerima. Dalam pengujian ini, parameter yang diubah adalah EIRP ponsel dan yang menjadi nilai pembanding untuk kuat medan

penerima disisi penerima adalah sensitivitas antena BTS. Nilai EIRP ponsel yang diujikan adalah 40 dBm dan 30 dBm dan sensitivitas antena BTs yang digunakan dalam pengujian adalah -104 dBm atau sama dengan 3.9811×10^{-14} watt.

Daerah lubang yang muncul pada Gambar 4.15 dan Gambar 4.17 cukup banyak. Namun, daerah lubang pada Gambar 4.17 lebih banyak dari Gambar 4.15. Kemudian pada Tabel IV.14 dan Tabel IV.16 juga diketahui bahwa jumlah kuat medan penerima yang besarnya lebih kecil dari sensitivitas antena BTS yang ditandai dengan kotak berwarna hijau pada Tabel IV.16 adalah 23 data. Kemudian jumlah nilai kuat medan penerima yang lebih kecil dari sensitivitas antena BTS yang berada pada kotak berwarna hijau pada Tabel IV.14 sebanyak 11 data.

Persentase jumlah daerah lubang dan daerah penangkap sinyal dari Tabel IV.14 dan Tabel IV.16 dapat dilihat dalam Tabel IV.24. daerah yang memiliki kuat medan penerima lebih kecil dari sensitivitas antena BTS disebut sebagai daerah lubang. Sedangkan daerah yang memiliki kuat medan lebih besar dari sensitivitas antena BTS disebut sebagai daerah penangkap sinyal.

Tabel IV.24 Persentase jumlah daerah lubang dan daerah penangkap sinyal dari data hasil pengujian dengan mengubah EIRP Ponsel

EIRP Ponsel (dBm)	Daerah Lubang (%)	Daerah Penangkap Sinyal (%)
40	22	78
30	46	54

Perbedaan jumlah daerah lubang yang muncul ketika adanya perbedaan EIRP ponsel disebabkan karena EIRP ponsel yang mempengaruhi kuat atau lemahnya kuat medan yang dipancarkan dari ponsel. Kuat medan yang dipancarkan dari ponsel mempengaruhi kekuatan pancaran sinyal ponsel ke BTS. Dari pengujian ini diperoleh daerah lubang yang cukup banyak. Namun jika Gambar 4.15 dan Gambar 4.17 diperhatikan kembali, masih terdapat daerah yang bukan merupakan daerah lubang. Daerah-daerah yang bukan daerah lubang tersebut merupakan daerah yang dijadikan jalur oleh ponsel untuk mengirimkan sinyalnya kepada BTS.

4.3.5 Analisis Deteksi Daerah lubang Dengan Merubah Sensitivitas Antena BTS

Pengujian tahap ini adalah pengujian terakhir. Pengujian ini merubah-ubah nilai sensitivitas antena BTS. Nilai sensitivitas antena BTS yang diujikan adalah -104 dBm atau sama dengan 3.9811×10^{-14} watt dan -100 dBm atau sama dengan 1×10^{-13} watt.

Seperti yang telah diketahui sebelumnya bahwa dengan memperbesar nilai sensitivitas antena, maka jumlah daerah lubang akan lebih banyak. Hal ini dikarenakan kuat medan penerima yang bernilai lebih kecil dari nilai sensitivitas antena penerima jumlahnya lebih banyak dari kuat medan penerima yang nilainya lebih besar dari sensitivitas antena penerima. Namun, jika sensitivitas antena diperkecil, maka jumlah kuat medan penerima yang nilainya lebih besar dari sensitivitas antena penerima akan lebih banyak dibandingkan dengan nilai kuat medan penerima yang nilainya lebih kecil dari sensitivitas antena penerima. Sehingga daerah lubang yang muncul juga akan lebih sedikit.

Dari hasil pengujian dengan sensitivitas antena BTS -104 dBm, diperoleh 16 data kuat medan penerima dari Tabel IV.18 yang nilainya lebih kecil dari sensitivitas antena BTS. Ke-16 data tersebut terdapat dalam kotak berwarna hijau pada kolom kuat medan dalam Tabel IV.18. Kemudian dari Gambar 4.19 diperoleh daerah lubang yang cukup banyak, namun masih terlihat daerah yang berwarna putih pada gambar tersebut.

Ketika sensitivitas antena diperbesar menjadi -100 dBm, data kuat medan yang berada dalam kotak warna hijau pada Tabel IV.20 yang nilainya lebih besar dari sensitivitas antena BTS berjumlah 17 data. Kemudian dari Gambar 4.21 terlihat bahwa daerah yang berwarna hitam mendominasi gambar.

Persentase jumlah daerah lubang dan daerah penangkap sinyal dari pengujian dengan mengubah sensitivitas antena BTS terdapat dalam Tabel IV.25. Daerah yang memiliki kuat medan penerima lebih kecil dari sensitivitas antena BTS disebut sebagai daerah lubang. Sedangkan daerah yang memiliki kuat medan lebih besar dari sensitivitas antena BTS disebut sebagai daerah penangkap sinyal.

Tabel IV.25 Persentase jumlah daerah lubang dan daerah penangkap sinyal dari data hasil pengujian dengan mengubah sensitivitas antena BTS

Sensitivitas antena BTS (dBm)	Daerah Lubang (%)	Daerah Penangkap Sinyal (%)
-104	32	68
-100	34	66

Dari hasil kedua pengujian tersebut disimpulkan bahwa daerah lubang ketika sensitivitas antena BTS -100 dBm lebih banyak dibandingkan ketika sensitivitas antena BTS sebesar -104 dBm.



BAB V

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisa didapat bahwa teknik perambatan propagasi gelombang radio 3-dimensi dengan metode *Uniform Theory of Diffraction* (UTD) modifikasi dapat digunakan untuk mendeteksi daerah lubang pada daerah pegunungan dengan kondisi-kondisi sebagai berikut :

1. EIRP BTS 60.2 dBm, jumlah daerah lubang yang muncul adalah 0% dan EIRP BTS 50.2 dBm, jumlah daerah lubang yang muncul adalah 18%
2. Sensitivitas antena ponsel -102 dBm, jumlah daerah lubang yang muncul adalah 22% dan sensitivitas antena ponsel -104 dBm, jumlah daerah lubang yang muncul adalah 0%.
3. Tinggi menara BTS 50 m, jumlah daerah lubang yang muncul adalah 70% dan sensitivitas antena 20 dBm, jumlah daerah lubang yang muncul adalah 70%.
4. EIRP ponsel 40 dBm, jumlah daerah lubang yang muncul adalah 22% dan EIRP ponsel 30 dBm, jumlah daerah lubang yang muncul adalah 46%.
5. Sensitivitas antena BTS -104 dBm, jumlah daerah lubang yang muncul adalah 32% dan sensitivitas antena BTS -100 dBm, jumlah daerah lubang yang muncul adalah 34%.

DAFTAR ACUAN

- [1] Djohan D., Arman, "The Implementation of UTD Calculation Modification on The Computing of Diffraction Loss in The UHF Radio Propagation". *IEEE International Conference on Jakarta Asia Pacific Communication Conference 1995 Linking Asia-Pacific to The World* (Jakarta, Indonesia: Hotel Horison, Jakarta's Ocean Front Hotel, Taman Impian Jaya Ancol, November, 1995), hal. 13.3.1
- [2] D.A., McNamara, Pistorius C.W.I. and Malherbe J.A.G. *Introduction to The Uniform Geometrical Theory of Diffraction* (Boston, London: Arte House, 1990), hal. 3.
- [3] Djohan D., Arman, "Model Komputasi Perambatan Gelombang Radio 3 Dimensi untuk Perencanaan Sistem Pemancar Televisi di Pegunungan Dalam Mengatasi Masalah *Blank-spot*," Laporan Penelitian Hibah Bersaing III/2, Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, 1995/1996, hal. 22-23.
- [4] Djohan D., Arman, "Model Komputasi Perambatan Gelombang Radio 3 Dimensi untuk Perencanaan Sistem Pemancar Televisi dalam Mengatasi Masalah *Blank-Spot* Gelombang Pantul dan *Multi Coverage* di Indonesia," Laporan Penelitian Hibah Bersaing, Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, 1995.
- [5] Untung, G. Budijanto, "Pembelajaran Difraksi Fresnel Pada Penghalang Lurus Menggunakan Gelombang Ultrasonik," *Seminar Nasional MIPA, 2005* (Depok: FMIPA Universitas Indonesia, November, 2005), hal. 1.

DAFTAR PUSTAKA

D.A., McNamara, Pistorius C.W.I. and Malherbe J.A.G.. *Introduction to The Uniform Geometrical Theory of Diffraction* (Boston, London: Arte House, 1990).

Kurner, Thomas, *Basic on Electromagneic Waves* (Universitat Karlsruhe).

Rappaport, Theodore S., (1996). "Indoor Propagation". *Prentice Hall: Wireless Communication Principles and Practice*. Diakses 28 Desember 2007, dari Electrical Engineering Institut Teknologi Bandung.

http://radar.ee.itb.ac.id/kuliah_wireless/bab6/content.html

_____. "Outdoor Propagation". Diakses 28 Desember 2007, dari Electrical Engineering Institut Teknologi Bandung.

http://radar.ee.itb.ac.id/kuliah_wireless/bab5/content.html

_____. "Radio Survey". Diakses 28 Desember 2007, dari Electrical Engineering Institut Teknologi Bandung.

http://radar.ee.itb.ac.id/kuliah_wireless/bab14/content.html