



**ANALISIS POTENSI PEMBANGUNAN BTS VSAT
PT. INDOSAT SALES AREA JEMBER DI PERKEBUNAN
BLAWAN MENGGUNAKAN MODEL PROPAGASI
*TWO RAY GROUND***

SKRIPSI

Oleh

**Abdillah Irsyad El Nur
NIM 111910201088**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**ANALISIS POTENSI PEMBANGUNAN BTS VSAT
PT. INDOSAT SALES AREA JEMBER DI PERKEBUNAN
BLAWAN MENGGUNAKAN MODEL PROPAGASI
*TWO RAY GROUND***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi S1 Teknik Elektro
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Abdillah Irsyad El Nur
NIM 111910201088**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ibunda Agustina Esty Widyaningsih dan Ayahanda Setyo Budi Winarno tersayang;
2. Adik saya Mustika Ratnawati Faizzah dan semua yang terkasih;
3. Guru-guru sejak TK sampai dengan perguruan tinggi;
4. Keluarga Al-Ikhwan Boardinghouse;
5. Keluarga besar PPM Syafi'ur Rohman, Jember;
6. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTO

“Wahai orang-orang yang beriman, jika kamu menolong agama Allah, niscaya
Dia akan menolongmu dan meneguhkan kedudukanmu.”
(Terjemahan Al-Quran Surat Muhammad ayat 7)

“Orang besar bukanlah orang yang otaknya sempurna, tetapi orang yang
mengambil sebaik-baiknya dari otak yang tidak sempurna.”
(Nabi Muhammad S.A.W)

“Belajarlah mengucap syukur dari hal-hal baik di hidupmu, dan belajarlah
menjadi pribadi yang kuat dengan hal-hal buruk di hidupmu.”
(Prof. Dr. Bacharuddin Jusuf Habibie)

“Tuhan tidak akan membiarkan sekecil apapun kebaikan menjadi sia-sia.
Berangkatlah dengan penuh keyakinan, berjalanlah dengan penuh keikhlasan dan
istiqomah dalam menghadapi cobaan.”
(Abdillah Irsyad El Nur)

“Kita tidak perlu kekayaan untuk meningkatkan keindahan. Karena keindahan
sejati berasal dari lubuk hati kita sendiri.”
(Lirik lagu Kun Anta oleh Humood AlKhudher)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Abdillah Irsyad El Nur

NIM : 111910201088

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Analisis Potensi Pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember di Perkebunan Blawan Menggunakan Model Propagasi *Two Ray Ground* ” adalah benar-benar hasil kerja sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan dalam institusi manapun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas kesalahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademis jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 11 Oktober 2015

Yang menyatakan,

Abdillah Irsyad El Nur

NIM. 111910201088

SKRIPSI

**ANALISIS POTENSI PEMBANGUNAN BTS VSAT
PT. INDOSAT SALES AREA JEMBER DI PERKEBUNAN
BLAWAN MENGGUNAKAN MODEL PROPAGASI
*TWO RAY GROUND***

Oleh

Abdillah Irsyad El Nur
NIM 111910201088

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ike Fibriani, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dodi Setiabudi, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Potensi Pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember di Perkebunan Blawan Menggunakan Model Propagasi *Two Ray Ground*” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : Jumat, 16 Oktober 2015

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Mengetahui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Ike Fibriani, S.T., M.T.

NIP 198002072015042001

Dodi Setiabudi, S.T., M.T.

NIP 198405312008121004

Tim Penguji:

Penguji I,

Penguji II,

Widya Cahyadi, S.T., M.T.

NIP 198511102014041001

Satryo Budi Utomo, S.T., M.T.

NIP 198501262008011002

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik,

Ir. Widyono Hadi, M.T.

NIP 196104141989021001

Analisis Potensi Pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember di Perkebunan Blawan Menggunakan Model Propagasi Two Ray Ground

Abdillah Irsyad El Nur

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Pesatnya perkembangan teknologi telekomunikasi membuat operator-operator seluler di Indonesia saling berlomba untuk terus meningkatkan pelayanannya. Salah satunya dengan cara melalui pembangunan jaringan baru di daerah yang belum terjangkau oleh jaringan layanan telekomunikasi, contohnya seperti studi kasus pada PT. Indosat Sales Area Jember yang akan melakukan pembangunan BTS VSAT di perkebunan Blawan, Kabupaten Bondowoso menggunakan model propagasi *two ray ground*. Dari hasil analisis yang telah dilakukan diketahui bahwa kualitas sistem komunikasi VSAT ditentukan melalui analisa perhitungan *link budget* yang dihasilkan, yaitu meliputi *bandwidth* sebesar $996,7\text{KHz} \approx 1\text{MHz}$, *gain* G_{DMG} sebesar 45,89 dB dan G_{BLW} sebesar 41,95 dB, EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*) sebesar 58,9 dBW, Redaman Ruang Bebas (*Path Loss* L_{FS}) arah *uplink* sebesar $L_{\text{FS}} = 199,411$ dB serta arah *downlink* sebesar $L_{\text{FS}} = 195,39$ dB. Beda fase paling besar yaitu $7129,309^\circ$ yang terletak pada arah 22° jarak 3,8 Km, dengan level daya terima sebesar -26 dBm. Serta level daya yang paling banyak diterima yaitu antara -20 dBm s.d -40 dBm dengan presentase penerimaan pada level ini sebesar 62,5 %.

Kata kunci: BTS, *link budget*, propagasi, *two ray ground*, VSAT

The Analysis of Potential Construction of BTS VSAT PT. Indosat Jember Area in Blawan Estates by Using Two Ray Ground Propagation Model

Abdillah Irsyad El Nur

Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Jember University

ABSTRACT

The development of telecommunication technology makes the cellular operators in Indonesia compete to increase their services. One of them is by using new network construction in area that is not yet reached with network telecommunication service, for instance, the case study of PT. Indosat Jember Area that will construct BTS VSAT in Blawan estate of Bondowoso by using Two Ray Ground propagation model. Based on the result of the analysis, the quality of VSAT communication system that is considered by calculation analysis link budget that has been resulted comprises bandwidth of 996,7 KHz \approx 1MHz, gain antenna G_{DMG} of 45,89 dB and G_{BLW} of 41,95 dB, EIRP (Effective Isotropic Radiated Power) of 58,9 dBW, Attenuation of Free Space (Path Loss L_{FS}) uplink line of $L_{FS}=199,411$ dB and also downlink line of $L_{FS} = 195,39$ dB . The major of phase differences is $7129,309^\circ$ that located in the line of 22° a distance of 3,8 Km, with the received power level of -26 dBm. The power level that most received is -20 dBm until -40 dBm with the acceptance percentage in the level of 62,5 %.

Keywords: *BTS, link budget, propagation, two ray ground, VSAT*

RINGKASAN

Analisis Potensi Pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember di Perkebunan Blawan Menggunakan Model Propagasi *Two Ray Ground*; Abdillah Irsyad El Nur, 111910201088; 2015; 88 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Di era modern seperti saat ini komunikasi memegang peranan penting bagi kehidupan manusia. Dengan pesatnya perkembangan teknologi telekomunikasi membuat operator-operator seluler di Indonesia yang bergerak dalam bisnis teknologi dan telekomunikasi ini saling berlomba untuk terus meningkatkan pelayanannya. Dalam rangka mengantisipasi hal tersebut, salah satu cara yang dilakukan oleh operator-operator seluler adalah mengembangkan sayap bisnisnya melalui pembangunan jaringan baru di daerah-daerah yang belum terjangkau oleh jaringan layanan telekomunikasi melalui penambahan BTS. Seperti pada studi kasus penelitian ini yaitu PT. Indosat Sales Area Jember yang akan melakukan pembangunan BTS di perkebunan Blawan, Kabupaten Bondowoso.

Blawan merupakan sebuah daerah perkebunan PTPN XII di Kecamatan Sempol yang terletak di kawasan kaki gunung Ijen. Daerah ini memiliki banyak potensi yang bisa dikembangkan seperti pariwisata alam, kopi, dan hasil perkebunan lainnya (Pemkab Bondowoso, Tanpa Tahun). Namun besarnya potensi tersebut tidak didukung dengan fasilitas telekomunikasi yang memadai. Dengan melihat kondisi geografis dari perkebunan Blawan yang terletak di kawasan pegunungan, transmisi yang cocok untuk digunakan adalah dengan menggunakan transmisi VSAT. VSAT merupakan stasiun penerima sinyal dari satelit, dimana satelit berfungsi sebagai transmisi penerus sinyal untuk dikirimkan ke titik lainnya di atas bumi. Dengan kondisi geografis pegunungan yang memiliki banyak tebing tinggi menyebabkan penggunaan media transmisi seperti pemancar *microwave* menjadi tidak maksimal.

Mengacu dari informasi tersebut maka selanjutnya juga akan dilakukan penelitian tentang analisis potensi pembangunan BTS di kawasan perkebunan

Blawan, Bondowoso menggunakan media transmisi VSAT dengan analisis mekanisme model propagasi *Two Ray Ground*, yang dalam hal ini akan ditujukan untuk membantu PT. Indosat Sales Area Jember dalam proses analisis pembangunan BTS baru di perkebunan Blawan. Penggunaan mekanisme model propagasi *two ray ground* ini cocok untuk diterapkan di perkebunan Blawan yang memiliki kontur permukaan tanah yang tidak rata. Dengan penggunaan model propagasi ini, sinyal langsung dan sinyal yang dipantulkan oleh bumi juga dapat diperhitungkan. Sehingga hasil pengukuran potensi pembangunan BTS menjadi lebih akurat.

Analisis data dalam penelitian diketahui bahwa kualitas sistem komunikasi VSAT ditentukan melalui analisa perhitungan *link budget* yang dihasilkan, yaitu meliputi *bandwith* sebesar $996,7\text{KHz} \approx 1\text{MHz}$, *gain* xiayingxi G_{DMG} sebesar 45,89 dB dan G_{BLW} sebesar 41,95 dB, EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*) sebesar 58,9 dBW, Redaman Ruang Bebas (*Path Loss* L_{FS}) arah *uplink* sebesar $L_{\text{FS}} = 199,411$ dB serta arah *downlink* sebesar $L_{\text{FS}} = 195,39$ dB. Dari analisa perhitungan *link budget* tersebut dapat diketahui kinerja dan kualitas sinyal dari *link* VSAT telah memenuhi syarat komunikasi yang dibutuhkan. Beda fase yang paling besar yaitu $7129,309^\circ$ yang terletak pada arah 22° jarak 3,8 Km, dengan level daya terima sebesar -26 dBm. Serta level daya yang paling banyak diterima yaitu antara -20 dBm s.d -40 dBm dengan presentasi penerimaan pada level ini sebesar 62,5 %.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Potensi Pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember di Perkebunan Blawan Menggunakan Model Propagasi *Two Ray Ground* “. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah S.W.T yang telah memberikan pencerahan serta pertolongan;
2. Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Dr. Tri Wahyu Hardianto, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
4. Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T. selaku Kaprodi S1 Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
5. Ike Fibriani, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dodi Setiabudi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
6. Widya Cahyadi, S.T., M.T. selaku dosen penguji I dan M. Agung Prawira Negara, S.T., M.T., selaku dosen penguji II yang telah memberikan kritik, saran dan pengarahan yang sangat membangun demi penyempurnaan penulisan skripsi ini;
7. H.R.B. Moch. Gozali, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis menjalani aktivitas akademik selama menjadi mahasiswa;
8. Bambang Supeno, S.T., M.T. selaku Komisi Bimbingan S1 yang telah membantu dalam penulisan skripsi secara administratif;

9. Ayahanda Setyo Budi Winarno, Ibunda Agustina Esty Widyaningsih, dan saudari saya Mustika Ratnawati Faizzah tercinta, yang telah membantu baik moral dan materiil, mendoakan, mendidik, dan memberi kasih sayang serta pengorbanan yang tidak terhingga selama ini;
10. Keluarga besar Teknik Elektro angkatan 2011, saya bangga pernah menjadi bagian dari kalian. Terimakasih atas dukungan, motivasi dan segala pengalaman yang telah kalian berikan.
11. Guru-guru tercinta TK Tunas Rimba, SDN Barurambat Kota 2, SMPN 2 Pamekasan, SMAN 1 Pamekasan dan seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember, terimakasih atas segala ilmu pengetahuan dan kasih sayang yang telah diberikan;
12. Civitas akademika Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember;
13. Keluarga kecil saya Al-Ikhwan Boardinghouse yaitu Mahfud, Angga, Afif, Roin, Manu, Yulanta, Hendri, Nafis, Rosa dan Esty, terimakasih atas segala bantuan, doa dan dukungannya;
14. Keluarga besar Pondok Pesantren Mahasiswa (PPM) Syafi'ur Rohman Jember, yang selalu memberikan dukungan moril, doa serta pengalaman;
15. Keluarga besar Generasi Unggul Jember (GUJ) atas segala pengalaman yang luar biasa dan segala motivasi serta doa yang telah diberikan;
16. Orang terkasih Riza Jayabela Yulesta Putri yang tak kenal lelah untuk selalu memberi semangat, motivasi serta doa disetiap kegiatan akademik saya;
17. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan karya serta laporan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro. Kritik dan saran diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan diharapkan dapat dikembangkan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Jember, 11 Oktober 2015

Penulis,

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
RINGKASAN	x
PRAKATA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 <i>Global System for Mobile Communication (GSM)</i>.....	6
2.1.1 Alokasi Frekuensi Operator GSM di Indonesia	7
2.1.2 Arsitektur GSM	9
2.2 <i>Base Transceiver Station (BTS)</i>.....	11
2.2.1 <i>Tower</i>	12
2.2.2 <i>Shelter</i>	13

2.3 Sistem Komunikasi VSAT	13
2.3.1 Konfigurasi Jaringan VSAT	14
2.3.2 Stasiun Bumi Jaringan VSAT	15
2.3.3 Aplikasi VSAT untuk Komunikasi Seluler	17
2.4 Parameter <i>Link Budget</i>	18
2.4.1 <i>Gain</i> antena.....	18
2.4.2 EIRP (<i>Effective Isotropic Radiated Power</i>)	19
2.4.3 Redaman Ruang Bebas (<i>Path Loss L_{FS}</i>)	19
2.4.4 Daya dan <i>Bandwidth</i>	20
2.5 Propagasi Refleksi <i>Two Ray Ground</i>	20
2.5.1 Gelombang Pantul	23
2.5.2 Karakteristik Redaman Propagasi	24
2.6 Sistem Informasi Geografis (SIG)	25
2.6.1 Subsistem SIG	27
2.6.2 Google Earth.....	27
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.2 Tahap Penelitian	29
3.2.1 Pengumpulan Data	29
3.2.2 Tahap Perhitungan.....	30
3.2.3 Tahap pengambilan kesimpulan.....	35
3.2.4 Gambaran lokasi rencana pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember.....	36
3.3 Desain Blok Sistem Analisis Potensi Pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember	37
3.4 Tahapan Penelitian Analisis Potensi Pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember	39
BAB 4. HASIL DAN ANALISIS DATA	40
4.1 Hasil dan Pengumpulan Data	40
4.1.1 Parameter Inisialisasi <i>Link</i>	40

4.1.2 Parameter Stasiun Bumi dan Satelit	41
4.1.3 Data Pemancar BTS	42
4.1.4 Peta Topografi	42
4.1.5 Struktur Jaringan BTS VSAT PT. Indosat di Perkebunan Blawan	43
4.2 Analisis Perhitungan <i>Link Budget</i> VSAT PT. Indosat Sales Area Jember di Perkebunan Blawan	45
4.2.1 Analisis <i>Bandwidth</i>	45
4.2.2 Analisis <i>Gain</i> Antena	45
4.2.3 Analisis EIRP (<i>Efective Isotropic Radiated Power</i>)	46
4.2.4 Redaman Ruang Bebas (<i>Path Loss</i> L_{FS}).....	46
4.3 Analisis Cakupan Wilayah Pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember di Perkebunan Blawan Menggunakan Model Propagasi <i>Two Ray Ground</i>	46
4.3.1 Perhitungan Beda Fase	57
4.3.2 Perhitungan Daya Pancar	48
4.3.3 Perhitungan Daya Terima.....	49
BAB 5. PENUTUP	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	

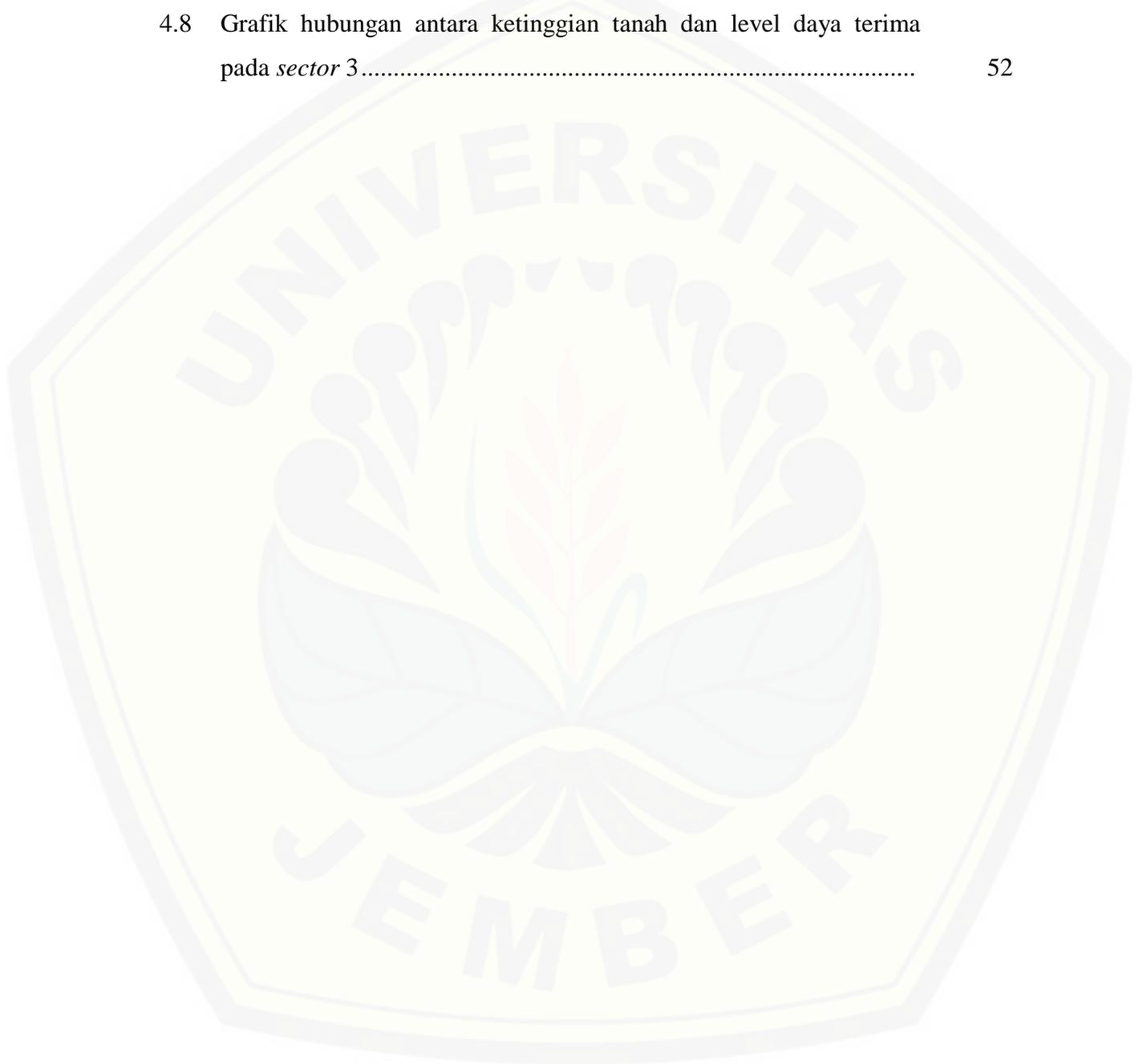
DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Total alokasi frekuensi yang dimiliki operator GSM di Indonesia	9
2.2 Standar nilai RSCP PT. Indosat Tbk.....	22
3.1 Hasil perhitungan beda fase gelombang pantul dan langsung pada <i>model two ray ground</i>	32
3.2 Hasil perhitungan daya terima pada model <i>two ray ground</i>	35
4.1 Data ketinggian tanah berdasarkan peta topografi blawan	43
4.2 Spesifikasi teknis <i>demand link</i> VSAT SCPC PT. Indosat Sales Area Jember di Perkebunan Blawan.....	45
4.3 Beda fase antara gelombang langsung dan gelombang pantul	47
4.4 RSL (<i>Received Signal Level</i>) dan Daya Pancar Efektif EIRP BTS Blawan	48
4.5 Data daya terima propagasi <i>two ray ground</i>	49
4.6 Data daya terima propagasi <i>two ray ground</i> (Lanjutan).....	50

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Alokasi frekuensi GSM yang dipakai di sebagian besar negara di dunia, termasuk Indonesia	7
2.2 Alokasi frekuensi pita GSM900 di Indonesia.....	8
2.3 Alokasi frekuensi pita GSM1800 di Indonesia.....	8
2.4 Arsitektur Jaringan GSM.....	9
2.5 Cara kerja VSAT dari satelit pemancar dan satelit penerima.....	13
2.6 Definisi <i>Up Link</i> dan <i>Down Link</i>	14
2.7 Satelit geostasioner	15
2.8 <i>Equipment</i> stasiun VSAT	15
2.9 Stasiun bumi PT. Indosat di Banyu Urip, Gresik	16
2.10 <i>Point-to-point</i> SCPC topologi	17
2.11 Parameter dasar <i>link</i> satelit	18
2.12 Model propagasi <i>two ray ground</i>	21
2.13 Gelombang sinusoidal	24
2.14 Analisa kontur dan ketinggian tanah di kawasan Kawah Ijen dengan menggunakan Google Earth	28
3.1 Perhitungan model propagasi <i>two ray ground</i>	31
3.2 Citra satelit lokasi penelitian menggunakan Google Earth.....	36
3.3 Tahapan analisis potensi pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember di Blawan menggunakan model propagasi <i>two ray ground</i>	37
3.4 Tahapan penelitian analisis potensi pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember.....	39
4.1 <i>Coverage area</i> satelit palapa - ASEAN BEAM	40
4.2 Struktur jaringan BTS VSAT PT. Indosat di Perkebunan Blawan....	44
4.3 Grafik hubungan antara jarak dan level daya terima pada <i>sector 1</i> ..	50
4.4 Grafik hubungan antara ketinggian tanah dan level daya terima pada <i>sector 1</i>	50

4.5	Grafik hubungan antara jarak dan level daya terima pada <i>sector 2</i> ...	51
4.6	Grafik hubungan antara ketinggian tanah dan level daya terima pada <i>sector 2</i>	51
4.7	Grafik hubungan antara jarak dan level daya terima pada <i>sector 3</i> ...	52
4.8	Grafik hubungan antara ketinggian tanah dan level daya terima pada <i>sector 3</i>	52



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era modern seperti saat ini komunikasi memegang peranan penting bagi kehidupan manusia. Dengan pesatnya perkembangan teknologi telekomunikasi dibutuhkan sebuah layanan komunikasi bergerak yang dapat menunjang kebutuhan konsumen tersebut yang memiliki akses data yang cepat. Sehingga operator-operator seluler di Indonesia yang bergerak dalam bisnis teknologi dan telekomunikasi ini saling berlomba untuk terus meningkatkan pelayanannya. Dalam rangka mengantisipasi hal tersebut, salah satu cara yang dilakukan oleh operator-operator seluler adalah mengembangkan sayap bisnisnya melalui pembangunan jaringan baru di daerah-daerah yang belum terjangkau oleh jaringan layanan telekomunikasi melalui penambahan BTS. Seperti pada studi kasus penelitian ini yaitu PT. Indosat Sales Area Jember yang akan melakukan pembangunan BTS di perkebunan Blawan, Kabupaten Bondowoso.

Blawan merupakan sebuah daerah perkebunan PTPN XII di Kecamatan Sempol yang terletak di kawasan kaki gunung Ijen. Daerah ini memiliki banyak potensi yang bisa dikembangkan seperti pariwisata alam, kopi, dan hasil perkebunan lainnya (Pemkab Bondowoso, Tanpa Tahun). Namun besarnya potensi tersebut tidak didukung dengan fasilitas telekomunikasi yang memadai. Kondisi geografis dan demografi yang berbeda dengan perkotaan menjadikan perlunya diadakan studi lanjutan untuk penerapan perencanaan pembangunan BTS di perkebunan Blawan ini, yaitu salah satunya dengan penggunaan BTS transmisi VSAT. VSAT merupakan stasiun penerima sinyal dari satelit, dimana satelit berfungsi sebagai transmisi penerus sinyal untuk dikirimkan ke titik lainnya di atas bumi. Dengan kondisi geografis pegunungan yang memiliki banyak tebing tinggi menyebabkan penggunaan media transmisi seperti pemancar *microwave* menjadi tidak maksimal, sehingga penggunaan transmisi VSAT cocok untuk digunakan di medan seperti ini. Dalam proses pembangunannya salah satu faktor yang perlu diperhatikan dalam perencanaan jaringan tersebut adalah model

propagasi yang akan digunakan. Dimana ramalan (model) propagasi digunakan untuk memperkirakan kuat sinyal yang akan dipancarkan dari BTS dan diterima oleh pengguna. Terdapat beberapa tipe model propagasi yang telah dikembangkan dalam dunia telekomunikasi, salah satunya dengan menggunakan mekanisme model propagasi *Two Ray Ground*.

Penelitian tentang model propagasi *Two Ray Ground* saat ini telah banyak dikembangkan sebagai acuan pengembangan jaringan telekomunikasi di Indonesia salah satunya yang dilakukan oleh Martha Diany pada tahun 2008 tentang Analisis Cakupan Wilayah BTS Kaliwates Sektor 1 PT. Indosat Cabang Jember Menggunakan Model Propagasi *Two Ray Ground*. Dalam penelitian ini dihasilkan perbandingan level daya pancar dan terima dari hasil perhitungan dan pengukuran langsung di lapangan, serta *coverage area* pada BTS Kaliwates Sektor 1 PT. Indosat Cabang Jember. Mengacu dari informasi tersebut maka selanjutnya juga akan dilakukan penelitian tentang analisis potensi pembangunan BTS di kawasan perkebunan Blawan, Bondowoso menggunakan media transmisi VSAT dengan analisis mekanisme model propagasi *Two Ray Ground*, yang dalam hal ini akan ditujukan untuk membantu PT. Indosat Sales Area Jember dalam proses analisis pembangunan BTS baru di perkebunan Blawan. Penggunaan mekanisme model propagasi *two ray ground* ini cocok untuk diterapkan di perkebunan Blawan yang memiliki kontur permukaan tanah yang tidak rata. Maka dari itu dengan penggunaan model propagasi ini, sinyal langsung dan sinyal yang dipantulkan oleh bumi juga dapat diperhitungkan. Sehingga hasil pengukuran potensi pembangunan BTS menjadi lebih akurat.

Berdasarkan latar belakang penulis maka dalam penelitian ini akan dihitung *link budget* yang akan digunakan serta daya terima MS (*Mobile Station*) berdasarkan sinyal yang dipantulkan ke tanah dan memperkirakan kekuatan sinyal dalam skala luas dengan jarak dan variasi sudut sesuai titik lokasi menggunakan mekanisme model propagasi *two ray ground* sebagai analisis potensi pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember di Blawan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perumusan masalah yang diangkat pada skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perencanaan dan perhitungan *link budget* dalam analisis potensi pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember di perkebunan Blawan menggunakan model propagasi *two ray ground* ?
2. Bagaimana kondisi daya pancar, daya terima, dan *coverage area* yang dihasilkan dari perhitungan analisis potensi pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember di perkebunan Blawan menggunakan model propagasi *two ray ground* ?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan penelitian yang akan diperoleh dari penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung *link budget* untuk analisis potensi pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember di perkebunan Blawan menggunakan model propagasi *two ray ground*.
2. Mendapatkan nilai daya pancar, daya terima dan *coverage area* yang dihasilkan dari perhitungan analisis potensi pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember di perkebunan Blawan menggunakan model propagasi *two ray ground*.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang akan diperoleh dari penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat menjadi bahan tinjauan awal untuk membantu pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember di perkebunan Blawan.
2. Dapat mengetahui level daya yang dipancarkan dari BTS dan yang diterima oleh yang akan dihasilkan dari analisis potensi pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember di perkebunan Blawan.

1.5 Batasan Masalah

Batasan-batasan pembahasan skripsi ini dihubungkan dengan masalah yang diuraikan pada rumusan masalah di atas adalah sebagai berikut:

1. Lokasi yang dianalisis adalah wilayah perkebunan Blawan PTPN XII, Kecamatan Sempol, Bondowoso.
2. Melakukan perencanaan penelitian pada jaringan 2G dengan frekuensi GSM 900 MHz.
3. Transmisi BTS yang akan dirancang adalah dengan menggunakan VSAT.
4. Visualisasi *coverage area* dan integrasi kedalam *data base* GIS menggunakan aplikasi Google Earth Pro.
5. Tidak menjelaskan aspek regulasi (regulasi/biaya frekuensi, regulasi telekomunikasi).
6. Data *existing* pemancar GSM dan transmisi yang digunakan berasal dari PT. Indosat Sales Area Jember.
7. Parameter pengukuran yaitu :
 - Arah pancaran dengan sudut sebesar arah pada masing-masing titik lokasi
 - Jarak tiap titik lokasi dari pemancar yaitu sesuai pada masing-masing lokasi MS.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar penyusunan penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang materi yang berisi tentang teori untuk mendukung penelitian tugas akhir ini. Materi yang akan dibahas diantaranya tentang pengertian arsitektur jaringan GSM dan transmisi data.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang metode kajian yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi, tempat penelitian, sistematika analisis dan prosesnya dalam bentuk diagram alur.

BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang analisis potensi pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember di perkebunan Blawan menggunakan model propagasi *two ray ground*.

BAB 5 KESIMPULAN



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Global System for Mobile Communication (GSM)*

Global System for Mobile (GSM) adalah generasi kedua dari standar sistem seluler yang dikembangkan untuk mengatasi problem fragmentasi yang terjadi pada standar pertama di negara Eropa. GSM adalah sistem standar selular pertama di dunia yang menspesifikasikan *digital modulation* dan *network level architectures and service*. Sebelum muncul standar GSM ini negara-negara di Eropa menggunakan standar yang berbeda-beda, sehingga pada saat itu tidak memungkinkan seorang pelanggan menggunakan *singele subscriber unit* untuk menjangkau seluruh benua Eropa.

Pada awalnya sistem GSM ini dikembangkan untuk melayani sistem seluler Eropa dan menjanjikan jangkauan jaringan yang lebih luas seperti halnya penggunaan ISDN. ISDN (*Integrated Services Digital Network*) adalah suatu sistem telekomunikasi di mana layanan antara data, suara, dan gambar diintegrasikan ke dalam suatu jaringan, yang menyediakan konektivitas digital ujung ke ujung untuk menunjang suatu ruang lingkup pelayanan yang luas. Para pemakai ISDN diberikan keuntungan berupa fleksibilitas dan penghematan biaya, karena biaya untuk sistem yang terintegrasi ini akan jauh lebih murah apabila menggunakan sistem yang terpisah. Para pemakai juga memiliki akses standar melalui satu set *interface* pemakai jaringan multiguna standar. ISDN merupakan sebuah bentuk evolusi telepon *local loop* yang memepertimbangkan jaringan telepon sebagai jaringan terbesar di dunia telekomunikasi (Wikipedia, 2015). Selanjutnya pada perkembangannya sistem GSM ini mengalami kemajuan pesat dan menjadi standar yang paling populer di seluruh dunia untuk sistem seluler. Bahkan pertumbuhannya diprediksikan akan mencapai 20 sampai 50 juta pelanggan pada tahun 2000.

Penggunaan alokasi frekuensi 900 MHz oleh GSM ini diambil berdasarkan rekomendasi GSM (*Groupe Special Mobile*) *comitte* yang merupakan salah satu grup kerja pada *confe'rence Europe'ene Postes des Telecommunication (CEPT)*. Namun pada akhirnya untuk alasan marketing GSM berubah namanya menjadi

The Global System for Mobile Communication, sedangkan standar teknisnya diambil dari *European Technical Standards Institute (ETSI)*. GSM pertama kali diperkenalkan di Eropa pada tahun 1991, kemudian pada akhir 1993 beberapa negara non-Amerika seperti Amerika Selatan, Asia dan Australia mulai mengadopsi GSM yang akhirnya menghasilkan standar baru yang mirip yaitu DCS 1800, yang mendukung *Personal Communication Service (PCS)* pada frekuensi 1,8 GHz sampai 2 GHz (Wikipedia, 2015).

2.1.1 Alokasi Frekuensi Operator GSM di Indonesia

Alokasi frekuensi GSM yang dipakai di Indonesia sama dengan yang dipakai di sebagian besar dunia terutama Eropa yaitu pada pita 900 MHz yang dikenal sebagai GSM900, dan pada pita 1800 MHz yang dikenal sebagai GSM1800 atau DCS (*Digital Communication System*), seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Alokasi frekuensi GSM yang dipakai di sebagian besar negara di dunia, termasuk Indonesia (Sumber: Dirjen Postel Menkominfo)

Frekuensi *downlink* adalah frekuensi yang dipancarkan oleh BTS untuk berkomunikasi dengan *handphone* pelanggan dan juga menghasilkan apa yang disebut sebagai *coverage footprint operator*. Sedangkan frekuensi *uplink* adalah frekuensi yang digunakan oleh *handphone* pelanggan agar bisa terhubung ke jaringan.

Untuk *uplink*, alokasi frekuensi GSM900 dari 890 MHz sampai 915 MHz sedangkan untuk *downlink* dari 935 sampai 960 MHz. Perhatikan, dalam frekuensi MHz, baik *uplink* maupun *downlink* memiliki alokasi frekuensi yang berbeda, namun dengan penomoran kanal ARFCN (*Absolute Radio Frequency Channel Number*) keduanya sama karena keduanya merupakan pasangan kanal *duplex* yang dipisahkan selebar 45 MHz.

Untuk GSM1800 (DCS) alokasi frekuensi *uplink* adalah dari 1710 MHz-1785 MHz sedangkan *downlink* dari 1805 MHz sampai 1880 MHz dimana alokasi frekuensi antara *uplink* dan *downlink* terpisah selebar 95 MHz. Dengan demikian, berbeda dengan GSM900, GSM1800 memiliki lebar pita kurang lebih 3 kali lebih lebar dibanding GSM900.

Di Indonesia, terdapat lima operator GSM (Telkomsel, Indosat, XL, Axis dan Three) yang mengantongi ijin operasi. Alokasi frekuensinya ditunjukkan oleh gambar 2.2 dan gambar 2.3. Seperti yang ditunjukkan oleh gambar tersebut, hanya tiga operator yang mendapat alokasi frekuensi untuk pita GSM900 sedangkan untuk pita GSM1800 semua operator telah mendapatkan bagian.



Gambar 2.2 Alokasi frekuensi pita GSM900 di Indonesia (Sumber: Dirjen Postel Menkominfo)



Gambar 2.3 Alokasi frekuensi pita GSM1800 di Indonesia (Sumber: Dirjen Postel Menkominfo)

Pada tabel 2.1 berikut menunjukkan total alokasi frekuensi yang dimiliki masing-masing operator GSM di tanah air. Terlihat bahwa Telkomsel dan Indosat

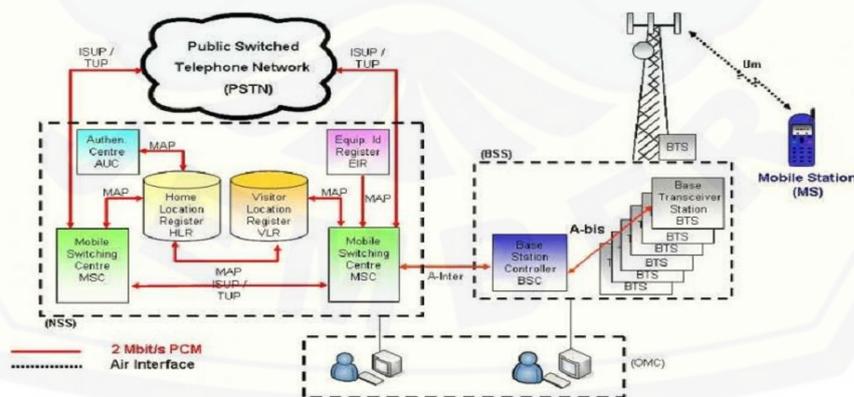
memiliki jumlah frekuensi terbanyak sedangkan Three paling sedikit, dengan rasio 3:1 (Aribowo *et al*, tanpa tahun).

Tabel 2.1 Total alokasi frekuensi yang dimiliki operator GSM di Indonesia

OPERATOR GSM	ALOKASI FREKUENSI		
	GSM 900 (MHz)	GSM 1800 (MHz)	Total (MHz)
Telkomsel	7.5	22.5	30
Indosat	10	20	30
XL	7.5	7.5	15
Axis	0	15	15
Three	0	10	10
TOTAL	25	75	100

2.1.2 Arsitektur GSM

Arsitektur jaringan GSM tersebut terdiri atas tiga subsistem yaitu *Base Station Subsystem (BSS)*, *Network Switching Subsystem (NSS)* dan *Operation and Support Subsystem (OSS)* serta perangkat yang digunakan oleh pelanggan untuk melakukan pembicaraan yang disebut *Mobile System*. Secara umum, *network element* dalam arsitektur jaringan GSM dapat dibagi menjadi *Mobile Station (MS)*, *Network Switching Subsystem (NSS)*, *Operation and Support System*, *Base Station Sub-System (BSS)* (Wikipedia, 2015).



Gambar 2.4 Arsitektur Jaringan GSM

1. Mobile System (MS)

Bagian paling rendah dari sistem GSM adalah MS. MS adalah perangkat yang digunakan oleh pelanggan untuk melakukan pembicaraan. Secara umum sebuah MS terdiri dari *mobile equipment* (ME) atau *handset* dan *subscriber identity module* (SIM) atau *sim card*.

2. *Network Sub-System* (NSS)

Bagian dari sistem GSM yang menangani fungsi *switching*, *mobility management* dan mengatur komunikasi antara *mobile phone* dengan jaringan telepon lain. Dimana NSS terdiri dari *Mobile Switching Center* (MSC), *Home Location Register* (HLR), *Visitor Location Register* (VLR), *Authentication Center* (AuC), dan *Equipment Identity Registration* (EIR).

3. *Operation and Support System* (OSS)

Operation and Support System (OSS) sering juga disebut dengan *Operation and Maintenance Center* (OMC) adalah *sub system* jaringan GSM yang berfungsi sebagai pusat pengendalian dan *maintenance* perangkat (*network element*) GSM yang terhubung dengan OMC. Tiap-tiap *network element* mempunyai perangkat OMC-nya sendiri-sendiri, misalnya *network element* NSS mempunyai perangkat OMC sendiri, *network element* BSS mempunyai perangkat OMC sendiri, *network element* VAS juga memiliki perangkat OMC sendiri (Eberspacher, 2009).

4. *Base Station System* (BSS)

Secara umum, *Base Station Sub-system* terdiri dari *Base Transceiver Station* (BTS) dan *Base Station Controller* (BSC). Segala fungsi yang berhubungan dengan penerimaan data lewat gelombang radio dikerjakan di dalam bagian-bagian BSS, yang terdiri dari :

a. *Base Transceiver Station* (BTS)

BTS adalah perangkat GSM yang berhubungan langsung dengan MS. BTS berhubungan dengan MS melalui *air interface*. BTS berfungsi sebagai pengirim dan penerima (*transceiver*) sinyal komunikasi dari/ke MS yang menyediakan *radio interface* antara MS dan jaringan GSM. Karena fungsinya sebagai *transceiver*, maka bentuk fisik sebuah BTS adalah *tower* dengan dilengkapi antena sebagai *transceiver*. Sebuah BTS dapat mencakup area sejauh 35 km. Area

cakupan BTS ini disebut juga dengan *cell*. Sebuah *cell* dapat dibentuk oleh sebuah BTS atau lebih, tergantung dari bentuk *cell* yang diinginkan.

b. *Base Station Controller* (BSC)

BSC adalah perangkat yang mengontrol kerja BTS ke BTS yang secara hierarki berada di bawahnya. BSC merupakan *interface* yang menghubungkan antara BTS (komunikasi menggunakan A-bis *interface*) dan MSC (komunikasi menggunakan A *interface*). BSC secara umum memiliki fungsi sebagai *radio resource management* pada BTS-BTS yang ada di bawahnya, dan menghubungkan BTS-BTS yang berada di bawahnya dengan OMC sebagai pusat operasi dan *maintenance* (Freeman, 1998).

2.2 Base Transceiver Station (BTS)

BTS adalah kependekan dari *Base Transceiver Station*. BTS berfungsi menjembatani perangkat komunikasi pengguna dengan jaringan menuju jaringan lain. Satu cakupan pancaran BTS dapat disebut *cell*. Komunikasi seluler adalah komunikasi modern yang mendukung mobilitas yang tinggi. Dari beberapa BTS kemudian dikontrol oleh satu *Base Station Controller* (BSC) yang terhubung dengan koneksi *microwave*, *fiber optic* atau VSAT (*Very Small Aperture Terminal*).

Istilah BTS dapat diterapkan ke salah satu standar komunikasi nirkabel, yang pada umumnya terkait dengan teknologi komunikasi *mobile* seperti GSM dan CDMA. Dalam hal ini, BTS merupakan bagian dari *Base Station Subsystem* (BSS) yang berfungsi sebagai sistem manajemen. Sistem BSS juga memiliki peralatan untuk melakukan proses enkripsi dan dekripsi komunikasi, spektrum penyaringan alat (*band pass filter*), dll. Antena juga dapat dipertimbangkan sebagai komponen dari BTS dalam arti umum yaitu sebagai memfasilitasi fungsi BTS. Biasanya BTS akan memiliki beberapa *transceiver* (TRX) yang memungkinkan untuk melayani beberapa frekuensi yang berbeda dan berbagai sektor sel (dalam kasus BTS *sectorised*). Sebuah BTS dikendalikan oleh kontroler *base station* melalui fungsi *base station control* (BSC).

BTS terdiri dari beberapa perangkat yang menunjang kinerja BTS tersebut antara lain : *tower*, antena sektoral, antena *microwave*, penangkal petir, lampu, kabel *feeder*, *shelter*, *grounding* (Damar & Joseph, 2009).

2.2.1 *Tower*

Tower, menara yang terbuat dari rangkaian besi atau pipa baik segi empat atau segi tiga, atau hanya berupa pipa panjang (tongkat), yang bertujuan untuk menempatkan antena dan radio pemancar maupun penerima gelombang telekomunikasi dan informasi. *Tower* BTS komunikasi dan informatika memiliki derajat keamanan tinggi terhadap manusia dan makhluk hidup di bawahnya, karena memiliki radiasi yang sangat kecil sehingga sangat aman bagi masyarakat di bawah maupun di sekitarnya. Tipe *tower* pada umumnya 3 macam yaitu :

1. *Tower* dengan 4 kaki, *tower* pipa besar (diameter pipa 30cm keatas dan tanpa kawat spanner) dan biasa dibangun di area *greenfield*. *Tower* ini sangat jarang dijumpai roboh, karena sudah dipertimbangkan konstruksinya. Tipe ini mahal biayanya (650 juta hingga 1 milyar rupiah), namun kuat dan mampu menampung banyak antena dan radio.
2. *Tower* segitiga, *tower* yang menggunakan pipa besi dengan diameter 2 cm ke atas dan dibangun di area *greenfield*. *Tower* ini juga mampu menampung banyak antena dan radio dengan ketinggian rata-rata 40 m.
3. *Tower* dengan 1 kaki atau yang disebut dengan *monopole*. *Tower* ini dibangun dengan pipa besi diameter 40-50 cm dengan tinggi mencapai 42 m jika dibangun di area *greenfield*. Sedangkan jika dibangun di area *rooftop* (atas bangunan) tingginya tidak lebih dari 20 m (lebih dari itu akan melengkung) sebab pipa besi yang digunakan diameternya lebih kecil dari 40 cm yang sering disebut dengan *minipole*. Tipe ini yang sekarang banyak digunakan karena lebih murah dari segi biaya dan lebih praktis dari segi area penempatan *tower* (Gairola & Shailendra, 2007).

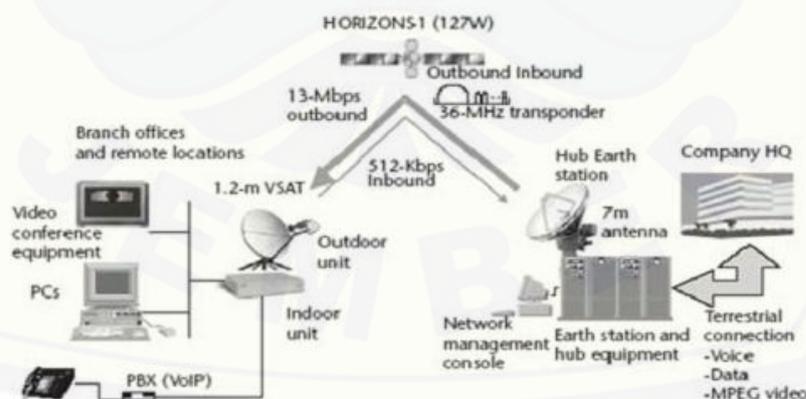
2.2.2 *Shelter*

Shelter BTS adalah suatu tempat yang penyimpanan perangkat-perangkat telekomunikasi. Untuk letaknya, biasanya juga tidak akan jauh dari suatu *tower* atau menara karena adanya ketergantungan sebuah fungsi diantara keduanya, yakni *shelter* BTS dan *Tower*. Komponen-komponen yang terdapat dalam *shelter* antara lain : *rectifier* (sebagai penyearah tegangan), AC (sebagai pendingin ruangan), baterai (sebagai tenaga cadangan), radio *transmitter/receiver* (sebagai pengatur slot trafik pada BTS) (Damar & Joseph, 2009).

2.3 Sistem Komunikasi VSAT

VSAT adalah singkatan dari *Very Small Aperture Terminal* merupakan stasiun penerima sinyal dengan antena penerima berbentuk piringan dengan diameter piringan ± 3 meter. VSAT adalah piringan padat yang dipasang dengan piranti keras elektronik guna menghasilkan sistem komunikasi murah, yang terdiri dari beberapa daerah/ratusan daerah. VSAT mendukung berbagai bentuk jaringan dan informasi dengan data berkecepatan tinggi.

Fungsi utama dari VSAT adalah untuk menerima dan mengirim data ke satelit. Satelit berfungsi sebagai penerus sinyal untuk dikirimkan ke titik lainnya diatas bumi. Sebenarnya piringan VSAT tersebut menghadap ke sebuah satelit geostasioner. Satelit tersebut selalu berada ditempat yang sama dan sejalan dengan perputaran bumi pada porosnya.



Gambar 2.5 Cara kerja VSAT dari satelit pemancar dan satelit penerima (Sumber: Ramadhina, 2013)

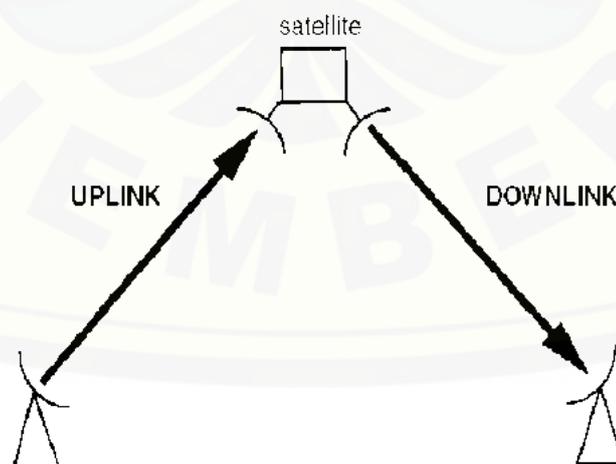
Gambar 2.5 di atas adalah bagan dari cara kerja VSAT dari satelit pemancar dengan satelit penerima yang ada di bumi, yakni VSAT. Yakni satelit pemancar memancarkan gelombang informasi yang terlebih dulu dimodulasikan dengan *transponder* sebelum ditransmisikan menuju satelit penerima di permukaan bumi. VSAT menerima transmisi dari satelit pemancar setelah itu baru dari VSAT di salurkan kembali sesuai dengan yang di perlukan oleh konsumen. Seperti telepon, internet, *network management*, *video* dan sebagainya.

Sistem VSAT mengadopsi teknologi TDM dan TDMA. *Hub* berkomunikasi dengan piringan lainnya menggunakan kanal TDM dan diterima oleh semua piringan lainnya. Piringan lainnya mengirimkan data ke *hub* menggunakan kanal TDMA. Dengan cara ini diharapkan dapat memberikan koneksi yang baik untuk *hub* data, suara, dan faks.

Keunggulan VSAT adalah pemasangannya cepat, dan jangkauan terjauh dapat mencapai setengah permukaan bumi. Dan kekurangan VSAT adalah koneksinya rentan terhadap gangguan cuaca, terhadap molekul air, serta memakan tempat untuk piringannya (Ramadhina, 2013).

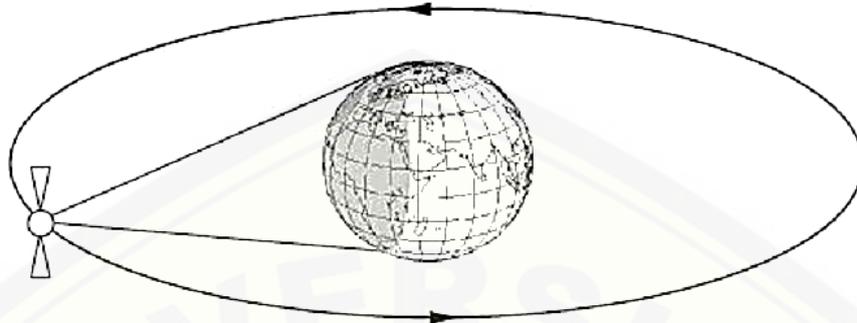
2.3.1 Konfigurasi Jaringan VSAT

Antar stasiun VSAT terhubung dengan satelit melalui *Radio Frequency* (RF). Hubungan (*link*) dari stasiun VSAT ke satelit disebut *uplink*, sedangkan *link* dari satelit ke stasiun VSAT disebut *downlink*, seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Definisi *Up Link* dan *Down Link* (Sumber: Maral, 1995)

Jaringan VSAT menggunakan satelit geostasioner, yang memiliki orbit pada bidang *equator* dengan ketinggian ± 35786 km di atas permukaan bumi.

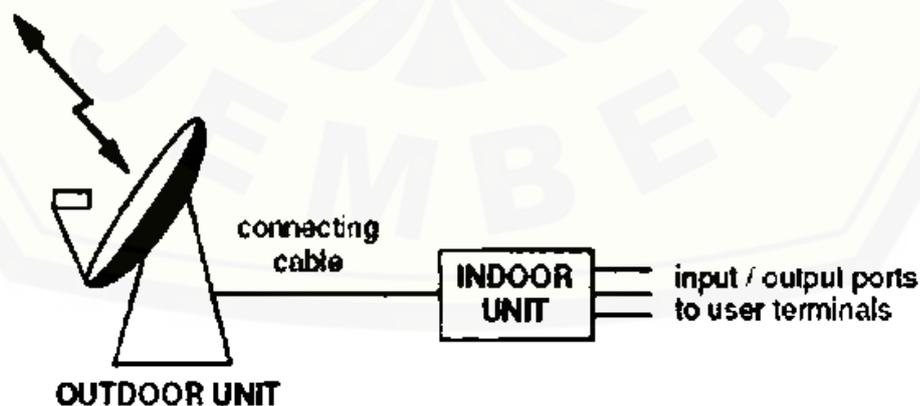


Gambar 2.7 Satelit geostasioner (Sumber: Maral, 1995)

Digunakan satelit geostasioner menyebabkan jaringan komunikasi VSAT mempunyai daerah jangkauan yang luas dan tidak perlu melacak arah pergerakan satelit sehingga biaya operasional dan perawatan menjadi rendah. Dengan berbagai kelebihan jaringan komunikasi VSAT dapat memberikan solusi pada kebutuhan komunikasi data yang semakin meningkat (Darwis, 2008).

2.3.2 Stasiun Bumi Jaringan VSAT

Pada gambar 2.8 mengilustrasikan arsitektur dari stasiun VSAT. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.8, sebuah stasiun VSAT terdiri dari dua bagian yaitu *Outdoor Unit* (ODU) dan *Indoor Unit* (IDU). *Outdoor Unit* adalah *interface* ke satelit, sedangkan *Indoor Unit* adalah *interface* ke terminal pelanggan atau *Local Area Network* (LAN) (Darwis, 2008).



Gambar 2.8 *Equipment* stasiun VSAT (Sumber: Darwis, 2008)



Gambar 2.9 Stasiun Bumi PT. Indosat di Banyuwangi, Gresik (Sumber: Irsyad, 2012)

a. *Outdoor Unit (ODU)*

Outdoor Unit terdiri dari antena dan *Radio Frequency (RF)* unit yang terdiri dari transmit *amplifier*, *Low Noise Amplifier* dan *up/down converter*.

Parameter – parameter penting pada *Outdoor Unit (ODU)* :

- 1) Band frekuensi *transmit* dan *receive*;
- 2) *Step size* pengaturan frekuensi untuk frekuensi *transmit* dan *tuning* untuk frekuensi *receive*;
- 3) *EIRP (Effective Isotropic Radiated Power)* yang menunjukkan performansi dari radio frekuensi *uplink*. *EIRP* tergantung pada *gain* antena dan *power transmit*;
- 4) *G/T (Figure of Merit)* : parameter RF pada arah *downlink* yaitu perbandingan antara *gain* antena terhadap temperatur *noise* di *receiver*;
- 5) Variasi *gain sidelobe* antena.

b. *Indoor Unit (IDU)*

Indoor Unit merupakan *interface* ke terminal pelanggan. *Indoor Unit* terdiri dari *modem (modulator-demodulator)* dan terminal pelanggan. Perangkat *Indoor Unit* berfungsi menerima data dari pelanggan, memodulasi serta mengirimkan ke *outdoor RF unit* untuk ditransmisikan dan menerima data termodulasi dari *outdoor RF unit*, mendemodulasikan lalu mengirimkan kembali data tersebut ke pelanggan.

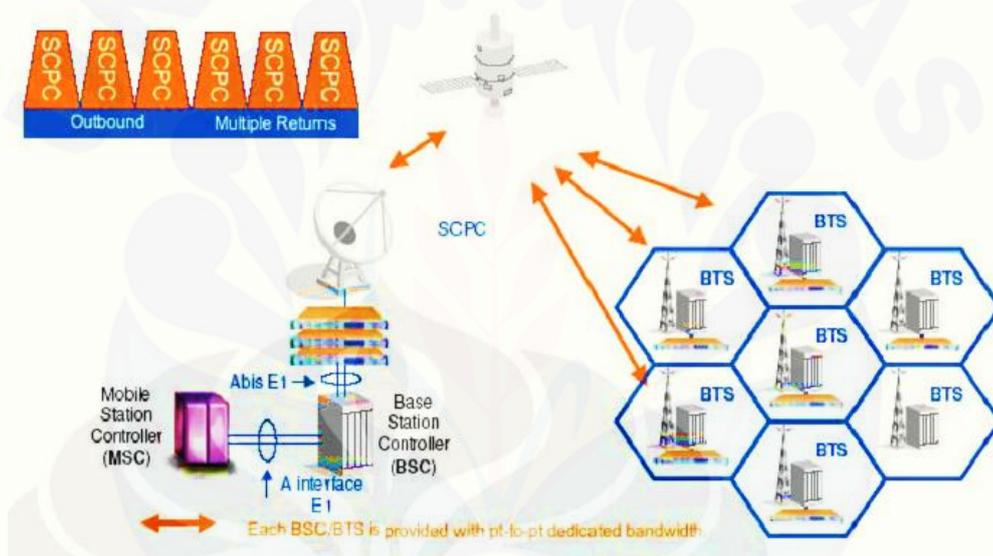
Sebagai *interface* ke terminal pelanggan, parameter-parameter penting yang harus diperhatikan pada *Indoor Unit* (IDU) :

- 1) Jumlah *port*.
- 2) Tipe *port*.
- 3) Kecepatan *port* (*Bit Rate* maksimum data yang dapat dilewatkan)

(Sumber: Darwis, 2008)

2.3.3 Aplikasi VSAT untuk Komunikasi Seluler

Teknologi VSAT dapat digunakan untuk menghubungkan antar BTS dan BSC seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10 berikut.



Gambar 2.10 *Point-to-point* SCPC topologi (Sumber: Darwis, 2008)

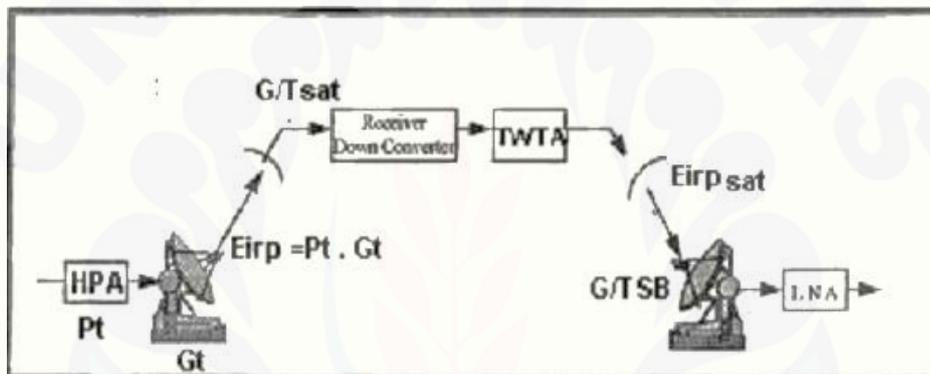
Gambar 2.10 merupakan jaringan VSAT yang digunakan untuk menghubungkan antar BTS dan BSC menggunakan SCPC *modem* yang memiliki *interface* G703 (T1/E1). Teknologi VSAT untuk komunikasi seluler antar BTS dan BSC digunakan pada daerah-daerah yang tidak bisa menggunakan teknologi *microwave* atau *Line of Sight* (LOS), seperti (LOS) di daerah pegunungan atau pulau-pulau terpencil.

Dalam pemilihan modulasi yang akan digunakan harus diperhitungkan *bandwidth* yang dibutuhkan. Penggunaan modulasi yang membutuhkan *bandwidth* yang kecil dapat mengurangi biaya penyewaan *bandwidth*

transponder. Selain itu, harus diperhatikan juga faktor-faktor lainnya seperti *power modem* dan SSPA, redaman hujan dan *interferensi* (Darwis, 2008).

2.4 Parameter Link Budget

Perhitungan *link budget* dalam sistem komunikasi satelit ini digunakan untuk menilai dan menganalisa kelayakan kualitas *link* transmisi satelit tersebut. Hasil akhir perhitungannya akan memperlihatkan presentase daya dan *bandwidth* yang digunakan oleh sistem tersebut, serta pengaruh parameter yang dipakai agar didapatkan kualitas *link* yang paling maksimum, *link* dasar satelit dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.11 Parameter dasar *link* satelit (Sumber: Zulhal, 2004)

2.4.1 Gain Antena

Gain atau penguatan adalah perbandingan antara daya pancar suatu antena terhadap antena referensinya. Persamaan untuk antena parabolik adalah sebagai berikut:

$$G = \eta \left(\frac{\pi^2 d^2}{\lambda^2} \right) = \eta \left(\frac{\pi f d}{c} \right)^2 \dots\dots\dots (2.1a)$$

Atau secara logaritmis dapat ditulis sebagai berikut :

$$G \text{ (dB)} = 20,45 + 20 \log f + 20 \log d + 10 \log \eta \dots\dots\dots (2.1b)$$

Dimana :

- η = efisiensi antena ≈ 0.65
- c = kecepatan cahaya
- d = diameter antena (m)
- f = frekuensi (GHz)

2.4.2 EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*)

EIRP digunakan untuk menyatakan daya pengiriman dari stasiun bumi atau satelit. EIRP stasiun bumi dilambangkan dengan $EIRP_{SB}$ yang mempunyai persamaan sebagai berikut :

$$EIRP_{SB} = P_T G_T \dots\dots\dots (2.2a)$$

atau secara logaritmis dapat ditulis sebagai berikut:

$$EIRP(dBW) = 10 \log P_T + 10 \log G_T \dots\dots\dots (2.2b)$$

dimana:

P_T = daya pancar sinyal *carrier* pada *feeder* antena pemancar (dBW)

G_T = gain antena pemancar (dB)

EIRP satelit umumnya sudah disertakan pada desain awal dari karakteristik satelit yang bersangkutan. Untuk EIRP linier ($EIRP_{SB}$ dan $EIRP_{SAT}$), adalah sebagai berikut:

$$EIRP_{SB\text{linier}} (dBW) = SFD + 10 \log (4 \pi d^2) + PAD - IBO_{total} \dots\dots (2.3)$$

$$EIRP_{sat\text{linier}} (dBW) = EIRP_{sat\text{jenuh}} - OBO_{total} \dots\dots\dots (2.4)$$

2.4.3 Redaman Ruang Bebas (*Path Loss L_{FS}*)

Redaman ruang bebas (L_{FS}) merupakan hilangnya daya yang dipancarkan pada ruang bebas saat pemancaran sehingga tidak seluruh daya dapat diterima oleh antena penerima. Besar redaman ini dapat ditulis sebagai berikut :

$$L_{FS} = \left(\frac{4\pi d_{u/d}}{\lambda} \right)^2 = \left(\frac{4\pi f_{up/down}}{c} \right)^2 \dots\dots\dots (2.5a)$$

Pada $d_{uplink} = d_{downlink}$, secara logaritmis L_{FS} dapat ditulis sebagai berikut:

$$L_{FS} (dB) = 92.45 + 20 \log f_u + 20 \log d_u \dots\dots\dots (2.5b)$$

dimana :

c = kecepatan cahaya

$d_{up/d}$ = *slant range* antar stasiun bumi ke satelit (km)

$f_{u/d}$ = frekuensi (GHz)

2.4.4 Daya dan *Bandwidth*

Perhitungan daya dan *bandwidth* untuk suatu *carrier* ditentukan dari besarnya *bit* informasi yang dikirim. Hal ini dapat ditulis sebagai berikut :

$$Bandwidth = \frac{R_{info}}{FEC} \left(\frac{1+\alpha}{N} \right) \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

R_{info} = *bit rate* informasi

N = kecepatan symbol modulasi

FEC = *Forward Error Correction*

α = *Roll off factor*

Maka % BW untuk setiap *carriernya* pada 1 *transponder* dapat ditulis :

$$\% \frac{BW}{carrier} = \frac{BW_{informasi}(KHz)}{BW_{xponder}(KHz)} \times 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

dimana : 1 *transponder* = 36 MHz

$$\% Power / carrier = 10^{-(link\ calculation / 10)} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.8)$$

$$Link\ calculation = EIRP_{satlinier} - EIRP_{satoperasi} \dots\dots\dots (2.9)$$

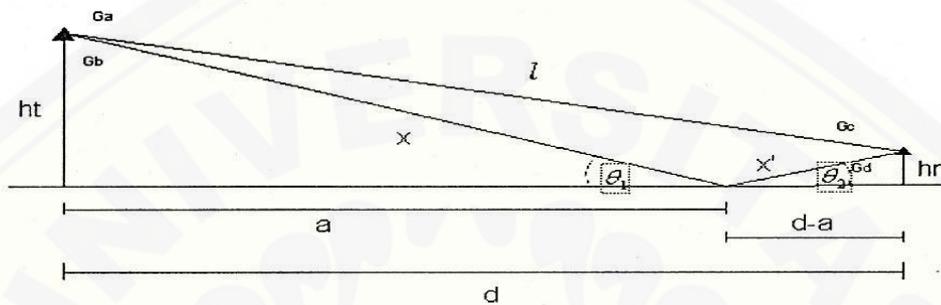
(Sumber: Maral, 1995)

2.5 Propagasi Refleksi Two Ray Ground

Cakupan radio sebuah sel disebut sebagai *foot print* (tapak kaki) dan bentuknya ditentukan melalui pengukuran medan atau model-model ramalan propagasi (Sunomo, 2004: 109). Ramalan (model) untuk propagasi ruang bebas atau di udara bebas (*free space*) digunakan untuk memperkirakan kuat sinyal yang diterima ketika pemancar dan penerima memiliki jalur lintasan segaris pandang tidak dapat terwujud, dan gelombang yang dihasilkan mengenai permukaan-permukaan penghalang, maka akan berpengaruh pada level daya terima.

Propagasi *Two Ray Ground* merupakan propagasi dengan satu sinar yang dipantulkan dan satu sinar langsung (*direct*). Dalam *mobile radio channel*,

lintasan langsung tunggal (*single direct path*) antara *base station* dan *mobile* terkadang hanya peralatan fisik saja untuk propagasi dan rumus pada *free space* kurang akurat jika dalam penggunaannya berdiri sendiri. Model propagasi *Two Ray Ground* merupakan model yang berguna karena berdasar pada optika geometri dan dapat digunakan untuk lintasan langsung dan pantulan dari bumi antara pemancar dan penerima.



Gambar 2.12 Model propagasi *two ray ground* (Sumber: Goldsmith, 2004).

Dari gambar diatas maka daya terima dapat dihitung dengan rumus geometri yaitu sebagai berikut : (HyungJune Lee, Tanpa Tahun)

$$P_r = P_t \left(\frac{\lambda}{4\pi} \right)^2 \left| \frac{\sqrt{G_t}}{l} + \frac{R \sqrt{G_r} e^{-j\Delta\phi}}{x+x'} \right|^2 \dots\dots\dots (2.10)$$

dengan :

P_t = Daya yang dipancarkan (ERP)

G_t = $G_t = G_c G_d$ adalah penguatan antena pada penerima

R = Koefisien refleksi pemantulan gelombang

$\Delta\phi$ = $\frac{2\pi(x+x'-l)}{\lambda}$ = Beda fase antara gelombang langsung dan pantul

Dari rumus geometri di atas, maka beda jarak dan beda fase dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$x + x' - l = \sqrt{(h_t + h_r)^2 + d^2} - \sqrt{(h_t - h_r)^2 + d^2} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\Delta\phi = \frac{2\pi(x+x'-l)}{\lambda} \approx \frac{4\pi h_t h_r}{\lambda d} \dots\dots\dots (2.12)$$

Bisa diasumsikan d asintot lebih luas dibandingkan dengan h_t+h_r , maka parameter yang bisa dihilangkan adalah $x - x' \approx 1 \approx d, \theta \approx 0$, dan $R \approx -1$, sehingga persamaannya menjadi :

$$P_r \approx P_t \left(\frac{\lambda \sqrt{G_t G_r}}{4\pi d} \right)^2 \left(\frac{4\pi h_t h_r}{\lambda d} \right)^2 \dots\dots\dots (2.13)$$

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r h_t^2 h_r^2}{(d^4)} \dots\dots\dots (2.14)$$

Besar daya terima dari rumus di atas diperoleh dengan satuan watt (W), apabila diubah menjadi satuan dBm akan menjadi :

$$P_r(d) = 10 \log(P_t) + 10 \log(G_t) + 10 \log(G_r) + 20 \log(h_t) + 20 \log(h_r) - 40 \log d$$

dengan :

- $P_r(d)$ = daya yang diterima oleh penerima sebagai fungsi dari d (dBm)
- P_t = daya yang dipancarkan oleh pemancar (dBm)
- G_t = penguatan antena pada sisi pemancar (dB)
- G_r = penguatan antena pada penerima (dB)
- d = jarak antara pemancar dan penerima (m)
- h_t = tinggi antena pemancar (m)
- h_r = tinggi antena penerima (m)

(Sumber: Goldsmith, 2004)

Kuat penerimaan sinyal pada jaringan diukur berdasarkan parameter RSCP (*Received Signal Code Power*) dengan rentang level daya terima antara -10 dBm hingga -110 dBm. Untuk parameter standar nilai RSCP dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.2 Standar nilai RSCP PT. Indosat Tbk

Level Sinyal (dBm)	Kategori Kuat Sinyal
$-75 \leq x < -10$	Baik
$-85 \leq x < -75$	Cukup Baik
$-95 \leq x < -85$	Kurang Baik
$x \leq -95$	Buruk

2.5.1 Gelombang Pantul

Refleksi merupakan proses pemantulan berkas yang menyebabkan perubahan sudut fase. Berkas gelombang mikro yang sudut fasenya berubah dapat menimbulkan penguatan atau redaman bagi energi berkas gelombang mikro yang sudut fasenya tidak berubah (Sudarmilah, 2002). Gelombang pantul juga akan berubah besar dan fasanya tergantung dari koefisien refleksi, lintasan, dan juga sudut datangnya. Jadi antara sinyal langsung dan sinyal pantulan akan mengalami perbedaan dalam hal :

- Amplitudo, yaitu dipengaruhi oleh besar koefisien refleksinya. Refleksi propagasi tergantung pada sifat bahan yang dirambati gelombang dan polarisasi gelombang. Koefisien refleksi merupakan nilai perbandingan antara gelombang pantul dengan gelombang radio langsung, besarnya adalah sebagai berikut:

$$R = R_v e^{j\phi_v} = \frac{\epsilon_\epsilon \sin \theta_1 - (\epsilon_\epsilon \cos^2 \theta_1)^{1/2}}{\epsilon_\epsilon \sin \theta_1 + (\epsilon_\epsilon \cos^2 \theta_1)^{1/2}} \approx -1 \dots \dots \dots (2.15)$$

dengan :

θ_1 = Besar sudut datang

ϵ_ϵ = Permittivitas kompleks

$$= \frac{\epsilon - j(1800\sigma)}{f(MHz)}$$

(Sumber: Goldsmith, 2004)

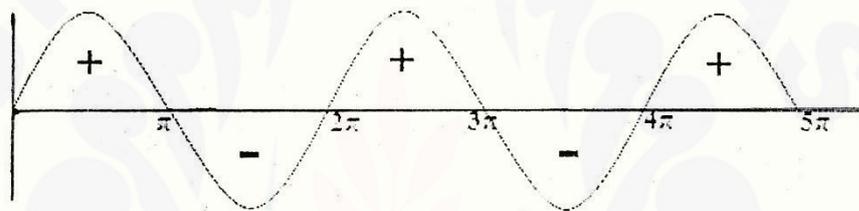
Faktor R_v menunjukkan perubahan amplitudo dan ϕ_v menyatakan perubahan fase. Nilai masing-masing tergantung pada polarisasi gelombang, sudut datang, konstanta dielektrik, permukaan bumi, dan panjang gelombang.

Pada frekuensi gelombang mikro terdapat dua sifat khusus yaitu sebagai berikut :

1. Untuk gelombang dengan polarisasi horizontal dan sudut datang kecil, maka $R=-1$ untuk semua permukaan. Hal ini berarti gelombang pantul tidak mengalami perubahan amplitudo, tetapi perubahan fase 180° .

2. Untuk gelombang dengan polarisasi vertikal dan sudut datang kecil, maka $R=-1$ untuk semua permukaan.

- Fasa, yaitu dipengaruhi oleh perubahan fasa refleksi serta pada perbedaan jarak tempuh (Δd) dan tinggi pemancar-penerima antara gelombang langsung dan gelombang pantul. Karena ketinggian tanah di titik pemancar dan penerima berbeda sesuai dengan kondisi topografi di daerah tersebut, maka dapat dicari tinggi relatif antara keduanya. Jika $\theta_1 < 6^\circ$, maka bidang miring bisa diabaikan sehingga tinggi relatif bisa dipakai dengan asumsi bahwa permukaan bumi adalah datar. Tetapi jika sudut datang besar, maka akan menyebabkan kedua komponen (gelombang langsung dan pantul) saling melemahkan.



Gambar 2.13 Gelombang sinusoidal

2.5.2 Karakteristik Redaman Propagasi

Karakteristik propagasi pada jaringan bergerak (seluler) berbeda dibandingkan dengan karakteristik propagasi pada jaringan tetap. Untuk menghitung rugi lintasan pada propagasi jaringan seluler telah banyak dilakukan percobaan dan penelitian. Model *deterministic* untuk menentukan redaman propagasi yang telah dikenal adalah model bumi datar (*plane earth model*) yang dapat dituliskan sebagai berikut : (Kurniawan, 1995:20-29)

$$L = \frac{P_r}{P_t} = Gt \cdot Gr \frac{\lambda^2}{(4\pi)^2 \cdot d^2} [1 + \rho e^{j\Delta\phi} + (1 - \rho)Ae^{j\Delta\phi} + \dots]^2 \dots\dots\dots (2.16)$$

dengan :

- L = redaman propagasi total (dB)
- P_t = daya RF pada terminal keluaran pemancar (dBm)
- P_r = daya RF pada terminal masukan penerima (dBm)

G_t	= faktor penguatan pada antena pemancar
G_r	= faktor penguatan pada antena penerima
d	= jarak pemancar-penerima (km)
A	= faktor redaman gelombang permukaan

(Sumber: Goldsmith, 2004)

Suku pertama dalam tanda kurung besar pada persamaan (2.16) mewakili redaman ruang bebas, suku kedua mewakili redaman akibat refleksi, dan suku ketiga mewakili redaman pada gelombang permukaan. Model persamaan yang paling sederhana adalah apabila kondisi saling melihat antara pemancar dan penerima terpenuhi dan hanya ada satu sinyal langsung yang diterima, sehingga perhitungan redaman dilakukan dengan menggunakan rumus redaman ruang bebas (*free space loss*) sebagai berikut (Kurniawan, 1995:20-29).

$$L_{fs} = 32,44 + 20 \log d + 20 \log f \dots\dots\dots (2.17)$$

dengan :

L_{fs}	= redaman propagasi ruang bebas (dB)
d	= jarak pemancar-penerima (km)
f	= frekuensi gelombang radio (MHz)

(Sumber: Goldsmith, 2004)

2.6 Sistem Informasi Geografis (SIG)

SIG juga biasa dikenal dengan sebutan *Geographic Information System* (*GIS*). Definisi SIG kemungkinan besar masih berkembang, bertambah, dan sedikit bervariasi. Hal ini terlihat dari banyaknya definisi SIG yang telah beredar di berbagai sumber pustaka. Berikut adalah beberapa definisi SIG yang telah beredar :

- o Marbel et al (1983) menyatakan, “SIG merupakan sistem penanganan data keruangan.”
- o Burrough (1986) menyatakan, “SIG adalah sistem berbasis komputer yang digunakan untuk memasukan, menyimpan, mengelola, menganalisis dan

mengaktifkan kembali data yang mempunyai referensi keruangan untuk berbagai tujuan yang berkaitan dengan pemetaan dan perencanaan.”

- Berry (1988) menyatakan, “SIG merupakan sistem informasi, referensi internal, serta otomatisasi data keruangan.”
- Aronoff (1989) menyatakan, “SIG adalah suatu sistem berbasis komputer yang memiliki kemampuan dalam menangani data bereferensi geografi yaitu pemasukan data, manajemen data (penyimpanan dan pemanggilan kembali), manipulasi dan analisis data, serta keluaran sebagai hasil akhir (*output*). Hasil akhir (*output*) dapat dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan pada masalah yang berhubungan dengan geografi.”
- Gistut (1994) menyatakan, “SIG adalah sistem yang dapat mendukung pengambilan keputusan spasial dan mampu mengintegrasikan deskripsi-deskripsi lokasi dengan karakteristik-karakteristik fenomena yang ditemukan di lokasi tersebut. SIG yang lengkap mencakup metodologi dan teknologi yang diperlukan yaitu data spasial, perangkat keras, perangkat lunak dan struktur organisasi.”
- Chrisman (1997) menyatakan, “SIG adalah sistem yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data, manusia (*brainware*), organisasi dan lembaga yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, dan menyebarkan informasi-informasi mengenai daerah-daerah di permukaan bumi.”

SIG mempunyai kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu titik tertentu di bumi, menggabungkannya, menganalisa, dan akhirnya memetakan hasilnya. Data yang diolah pada SIG adalah data spasial yaitu sebuah data yang berorientasi geografis dan merupakan lokasi yang memiliki sistem koordinat tertentu, sebagai dasar referensinya. Sehingga aplikasi SIG dapat menjawab beberapa pertanyaan seperti lokasi, kondisi, tren, pola dan pemodelan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dengan sistem informasi lainnya.

2.6.1 Subsistem SIG

SIG dapat diuraikan menjadi beberapa subsistem sebagai berikut :

a. Data Input

Subsistem ini bertugas untuk mengumpulkan, mempersiapkan, dan menyimpan data spasial dan atributnya dari berbagai sumber. Sub-sistem ini pula yang bertanggung jawab dalam mengonversikan atau mentransformasikan format-format data aslinya ke dalam format yang dapat digunakan oleh perangkat SIG yang bersangkutan.

b. Data Output

Sub-sistem ini bertugas untuk menampilkan atau menghasilkan keluaran (termasuk mengekspornya ke format yang dikehendaki) seluruh atau sebagian basis data (spasial) baik dalam bentuk *softcopy* maupun *hardcopy* seperti halnya tabel, grafik, *report*, peta, dan lain sebagainya.

c. Data Management

Sub-sistem ini mengorganisasikan baik data spasial maupun tabel-tabel atribut terkait ke dalam sebuah sistem basis data sedemikian rupa hingga mudah dipanggil kembali atau *di-retrieve*, *di-update*, dan *di-edit*.

d. Data Manipulation & Analysis

Sub-sistem ini menentukan informasi-informasi yang dapat dihasilkan oleh SIG. Selain itu sub-sistem ini juga melakukan manipulasi (evaluasi dan penggunaan fungsi-fungsi dan operator matematis & logika) dan pemodelan data untuk menghasilkan informasi yang diharapkan (Prahasta, 2009).

2.6.2 Google Earth

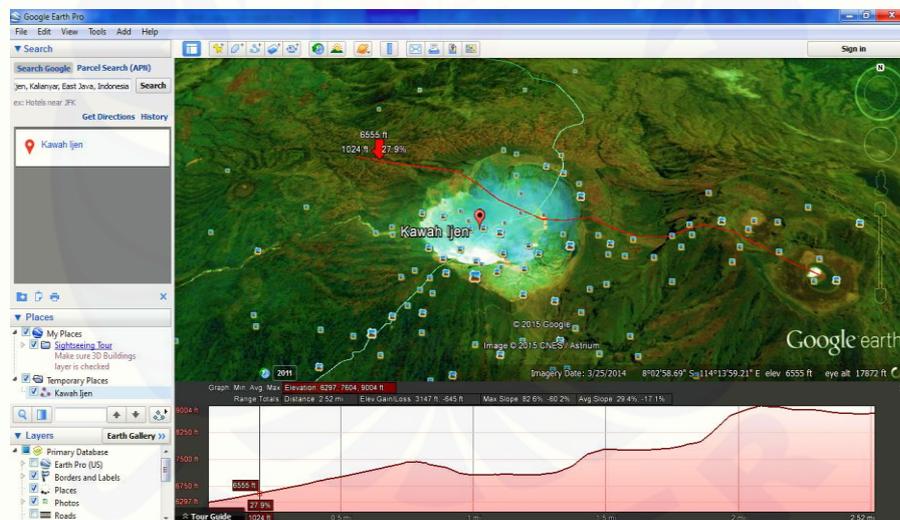
Google Earth merupakan salah satu program SIG yang dibuat oleh Keyhole, Inc yaitu merupakan sebuah program Globe Virtual yang sebenarnya disebut juga Earth Viewer sebelum Keyhole, Inc. diambil alih oleh Google pada tahun 2004. Program ini memetakan bumi dari superimposisi gambar yang dikumpulkan dari pemetaan satelit, fotografi udara dan globe GIS 3D.

Global Virtual ini dapat memperlihatkan kondisi rumah, warna mobil, dan bahkan bayangan orang dan rambu jalan. Resolusi yang tersedia tergantung pada tempat yang dituju, akan tetapi pada umumnya kebanyakan daerah (kecuali beberapa pulau) dicakup dalam resolusi 15 meter. Dimana Las Vegas, Nevada dan

Cambridge, Massachusetts memiliki resolusi tertinggi, yaitu pada ketinggian 15 cm (6 inci). Google Earth memfasilitasi pengguna untuk dapat melakukan pencarian alamat (pada beberapa negara), memasukkan koordinat, atau menggunakan *mouse* untuk mencari lokasi (wikipedia, tanpa tahun).

Penggunaan aplikasi Google Earth juga sangat membantu dalam proses pengembangan di bidang telekomunikasi. Beberapa hal yang bisa dilakukan adalah sebagai berikut :

- 1) *Mapping* lokasi BTS / BSC / Transmisi ke dalam Google Earth
- 2) Melihat *coverage area*
- 3) Melihat kontur geografis
- 4) Melakukan analisis ketinggian
- 5) Mencari posisi
- 6) *Mapping* hasil *drive test* ke Google Earth
- 7) dll



Gambar 2.14 Analisa kontur dan ketinggian tanah di kawasan kawah Ijen dengan menggunakan Google Earth

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Penelitian analisis potensi pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember di perkebunan Blawan menggunakan model propagasi *two ray ground* ini dilaksanakan di:

Tempat : 1. PT. Indosat Sales Area Jember.
2. Laboraturium Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Jember.

Alamat : 1. Jalan Diponegoro 40-41, Jember.
2. Jalan Slamet Riyadi No. 62 Patrang, Jember 68111.

3.2 Tahapan Penelitian

3.2.1 Pengumpulan Data

Adapun data-data yang akan diambil dalam penelitian skripsi ini antara lain adalah sebagai berikut :

- a. Parameter Inisialisasi *Link*
- b. Parameter Stasiun Bumi dan Satelit
 - 1) Data *Hub Station* Bumi
 - 2) Data Satelit Palapa
 - 3) Data Stasiun Bumi *Remote*
- c. BTS (*Base Transceiver Station*) yang akan digunakan oleh PT. Indosat Sales Area Jember.
 - 1) Penentuan lokasi antena
 - 2) Arah antena
 - 3) Tipe antena yang digunakan
 - 4) Daya pancar
 - 5) Frekuensi yang digunakan

d. Peta Topografi

- 1) Data SIG yang meliputi ketinggian tanah di titik lokasi yang akan ditentukan didapat dengan menggunakan aplikasi Google Earth
- 2) Jarak antara BTS dengan titik MS

3.2.2 Tahap Perhitungan

Adapun data-data yang akan dihitung nantinya antara lain adalah sebagai berikut :

a. Tahap Perhitungan *Link Budget*

1) *Bandwidth*

Perhitungan *bandwidth* untuk suatu *carrier* ditentukan dari besarnya *bit* informasi yang dikirim. Persamaan yang akan digunakan untuk menghitung *bandwidth* antenna adalah dengan menggunakan persamaan 2.6.

2) *Gain* antenna

Gain atau penguatan adalah perbandingan antara daya pancar suatu antenna terhadap antenna referensinya. Persamaan yang akan digunakan untuk menghitung *gain* antenna parabolik adalah dengan menggunakan persamaan 2.1b.

3) EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*)

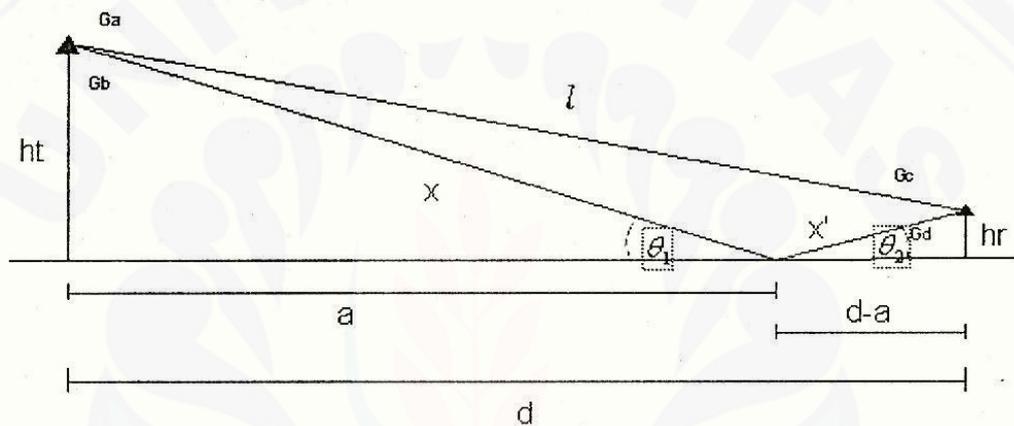
EIRP digunakan untuk menyatakan daya pengiriman dari stasiun bumi atau satelit. Persamaan yang akan digunakan untuk menghitung EIRP adalah dengan menggunakan persamaan 2.2b.

4) Redaman Ruang Bebas (*Path Loss L_{FS}*)

Redaman ruang bebas (L_{FS}) merupakan hilangnya daya yang dipancarkan pada ruang bebas saat pemancaran sehingga tidak seluruh daya dapat diterima oleh antenna penerima. Persamaan yang akan digunakan untuk menghitung redaman ruang bebas adalah dengan menggunakan persamaan 2.5b.

b. Tahap Perhitungan Beda Fase

Jangkauan area pada sel GSM dipengaruhi oleh ketinggian antenna, penguatan antenna, dan kondisi propagasi yang terjadi. Besar dan jauhnya jangkauan sel juga ditentukan oleh daya dari pemancarnya. Untuk menentukan besarnya daya yang dipancarkan oleh BTS ke MS harus mengetahui profil antara lokasi pemancar dan penerima. Jika pemancar BTS dengan tinggi antenna h_t dan penerima MS dengan tinggi h_r , dipisahkan oleh jarak d maka sudut pantul θ_2 , l merupakan lintasan gelombang antara pemancar dan penerima, sedangkan x' adalah lintasan gelombang pantul.



Gambar 3.1 Perhitungan model propagasi *two ray ground* (Sumber: Goldsmith, 2004)

Dari gambar diatas dapat dilihat yaitu terdapat dua berkas gelombang yaitu gelombang langsung dari antenna pemancar ke penerima dan gelombang pantul dari antenna ke tanah (bumi) kemudian arah rambatan berubah menuju penerima. Proses ini mengikuti hukum refleksi yaitu sudut yang dibentuk gelombang datang dengan vektor normal (θ_1) harus sama dengan yang dibentuk gelombang refleksi dengan vektor normal (θ_2). Dari hasil perhitungan beda fase pada persamaan (2.12), maka dapat diketahui sudut pantul dan daya terima akibat gelombang pantul tersebut. Hasil tersebut dapat akan dimasukkan pada tabel berikut ini :

Tabel 3.1 Hasil perhitungan beda fase gelombang pantul dan langsung pada *model two ray ground*.

Sect	Arah terhadap utara	Jarak (km)	Ketinggian Tanah (m)	ht relatif (m)	hr relatif (m)	$\theta_1=\theta_2$ (derajat)	Beda Fase (derajat)	Status
...						
		...						
		...						
		...						
		...						
		...						
...	...	dst						

Kolom-kolom pada tabel diatas diisi dengan hal-hal sebagai berikut :

- 1) Untuk kolom sect diisi dengan antena sectoral yang digunakan
- 2) Untuk kolom arah diisi dengan titik lokasi penelitian dengan sudut yang ditentukan dari arah utara (...°);
- 3) Untuk kolom jarak diisi dengan titik lokasi penelitian (km);
- 4) Pada kolom ketinggian diisi dengan tinggi tanah pada titik yang diamati diukur dari atas permukaan air laut (m);
- 5) Kolom ht dan hr relatif adalah tinggi BTS dan MS, diasumsikan bahwa tinggi pemancar dan penerima diatas permukaan bumi yang datar;
- 6) Kolom $\theta_1=\theta_2$ adalah sudut datang yang bedarnya sama dengan sudut pantul (derajat);
- 7) Kolom beda fase merupakan kolom dari hasil perhitungan yang dialami gelombang pantul relatif terhadap gelombang langsung;
- 8) Kolom status adalah kondisi dari hasil perhitungan dan analisis beda fase yang telah dilakukan.

c. Tahap Perhitungan Daya Pancar

Pada sistem seluler daya pancar sebuah pemancar BTS mempunyai jangkauan ambang batas (*coverage threshold*) yang berbeda untuk tiap area. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui berapa level daya yang efektif dalam proses komunikasi, yaitu saat sebuah MS melakukan panggilan atau mengirim dan menerima data. Daya pancar efektif ERP adalah daya maksimum yang diradiasikan pemancar dalam arah penguatan antenna yang paling maksimum (Sunomo, 2004: 109). Daya efektif isotropik yang diradiasikan EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*) adalah daya maksimum yang diradiasikan pemancar dalam arah penguatan antenna yang paling maksimum, dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$EIRP (W) = P_t G_t$$

Atau bisa dirumuskan dengan :

$$EIRP = ERP + 2,15 \text{ dB}$$

Maka daya maksimum yang diradiasikan dengan satuan ERP memakai acuan sebuah antenna *dipole* setengah gelombang yang memiliki penguatan 1,64 dB (2,15 dB diatas isotropic).

$$EIRP(\text{dBm}) = 10 \log P_t + 10 \log G_t$$

$$EIRP = Tx - Lc + G_t \dots \dots \dots (3.5)$$

dengan :

$EIRP$ = Daya pancar efektif (dBm)

Tx = Daya keluaran (dBm)

Lc = Rugi kabel+konektor (dB)

G_t = Penguatan antenna pemancar (dB)

(Sumber: Goldsmith, 2004)

d. Tahap Perhitungan Daya Terima

Sensitivitas BTS pada seluler GSM adalah -106 dBm, dan sensitivitas MS kelas (GSM 900) sebesar -102 dBm (ETSL, *recommended*: 05.05). Maksimum jarak sel untuk model propagasi di luar bangunan di daerah perkotaan (*urban*), *suburban*, dan pedesaan (*rural*) masing-masing adalah: 5 km; 7,89 km; 14,22 km (Wiley, 2007: 48). Pada perhitungan *link* radio, daya yang diterima oleh sebuah MS harus memenuhi syarat minimum level (*Received Signal Level*) yang diperlukan untuk melakukan proses komunikasi ($RSL \geq Rx$ sensitivitas). RSL dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$RSL = T_x + G_t - L_{fs} + G_r \dots\dots\dots (3.6)$$

Setelah mengetahui sensitivitas MS untuk menerima daya dan level sinyal terima (RSL), kemudian menganalisis sinyal terima dengan model propagasi *two ray ground*. Dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_r(W) = \frac{P_t G_t G_r h_t^2 h_r^2}{(d^4)} \dots\dots\dots (3.7)$$

$$P_r(dBm) = 10 \log(P_t) + 10 \log(G_t) + 10 \log(G_r) + 20 \log(h_t) + 20 \log(h_r) - 40 \log(d)$$

dengan:

- $P_r(d)$ = daya yang diterima oleh penerima (dBm)
- P_t = daya yang dipancarkan oleh pemancar (dBm)
- G_t = penguatan antena pemancar (dB)
- G_r = penguatan antena penerima (dB)
- d = jarak antara pemancar dan penerima (m)
- h_t = tinggi antena pemancar (m)
- h_r = tinggi antena penerima (m)

(Sumber: Goldsmith, 2004)

Tabel 3.2 Hasil perhitungan daya terima pada model *two ray ground*

Arah Terhadap Utara	Jarak (km)	Daerah	ht relatif (m)	hr relatif (m)	Daya Terima (dBm)	Status
...	...					
	...					
	...					
	...					
	...					
	...					
...	...dst					

Kolom-kolom pada tabel diatas diisi dengan hal-hal berikut:

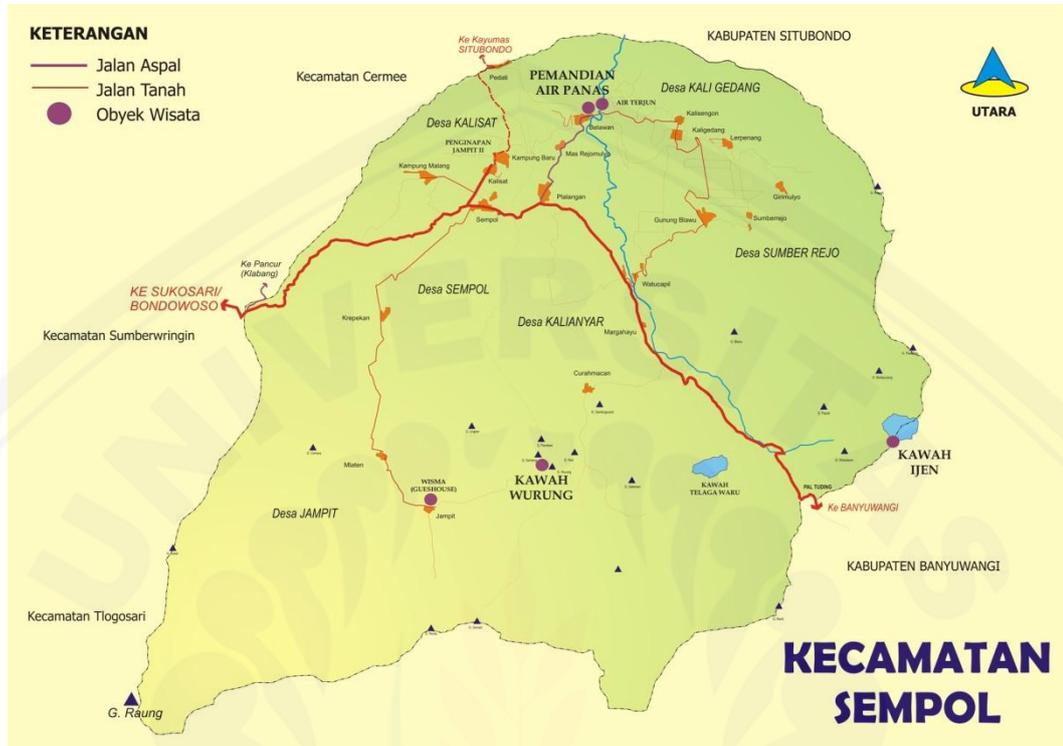
- 1) Untuk kolom arah diisi dengan titik lokasi penelitian dengan sudut yang ditentukan dari arah utara (...°);
- 2) Untuk kolom jarak diisi dengan titik lokasi penelitian (km);
- 3) Untuk kolom daerah diisi dengan nama daerah titik lokasi berada
- 4) Kolom ht dan hr relatif adalah tingi BTS dan MS, diasumsikan bahwa tinggi pemancar dan penerima diatas permukaan bumi yang datar;
- 5) Kolom daya terima adalah hasil perhitungan model propagasi *two ray ground*;
- 6) Kolom status adalah kondisi dari hasil perhitungan dan analisis daya terima yang telah dilakukan.

3.2.3 Tahap pengambilan kesimpulan

Pengambilan kesimpulan akan dititik beratkan pada :

- a. Hasil perhitungan penelitian.
- b. Penentuan titik lokasi MS yang efektif untuk menerima sinyal dari BTS.
- c. Menentukan cakupan wilayah pancar BTS.

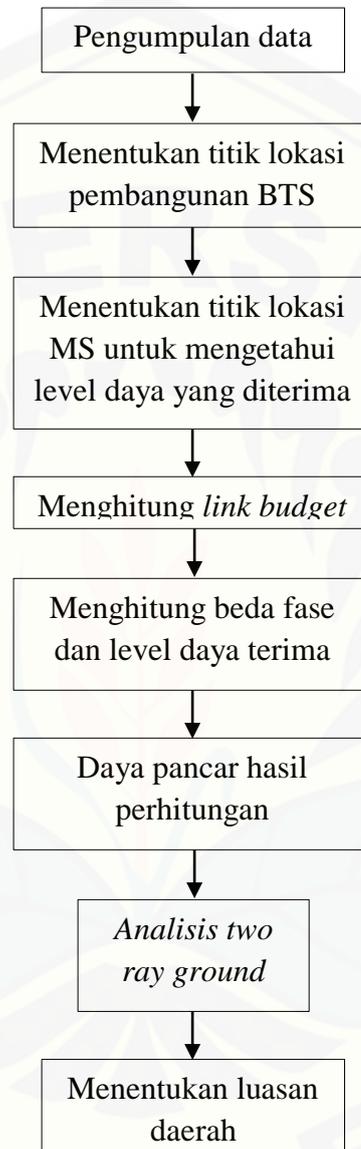
3.2.4 Gambaran lokasi rencana pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember



Gambar 3.2 Lokasi penelitian (Sumber: Pemkab Bondowoso, Tanpa Tahun)

Gambar 3.2 di atas merupakan daerah perkebunan Blawan yang terletak di Kecamatan Sempol yang akan dijadikan tempat penelitian pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember. Dalam kawasan tersebut terdapat 16 titik lokasi dengan tingkat populasi cukup padat yang akan dijadikan objek penelitian. Titik lokasi tersebut tersebar dalam beberapa daerah di Kecamatan Sempol. Selanjutnya akan ditentukan letak posisi BTS yang ideal dan kemudian akan dihitung daya pancar BTS serta daya terima oleh MS. Sehingga akan didapatkan analisis potensi dan pertimbangan untuk dilakukannya pembangunan.

3.3 Desain Blok Sistem Analisis Potensi Pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember

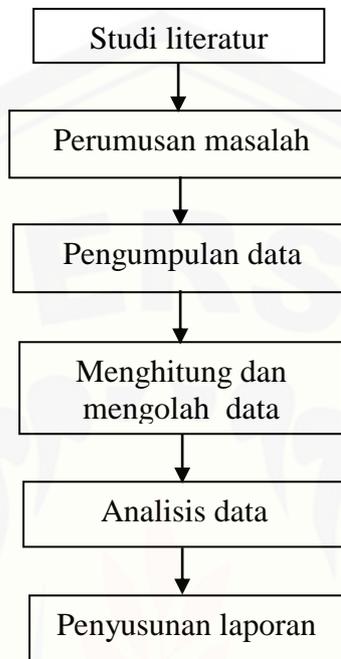


Gambar 3.3 Tahapan analisis potensi pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember di Blawan menggunakan model propagasi *two ray ground*

Penjelasan mengenai desain sistem tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

- 1) Pengumpulan data tentang spesifikasi BTS yang akan digunakan oleh PT. Indosat Sales Area Jember.
- 2) Menentukan titik lokasi rencana pembangunan BTS PT. Indosat Sales Area Jember dengan melakukan pendataan ketinggian tanah di titik lokasi yang akan ditentukan menggunakan aplikasi Google Earth.
- 3) Menentukan titik lokasi MS menggunakan aplikasi Google Earth yang kemudian selanjutnya akan dilakukan perhitungan untuk mengetahui level daya yang diterima.
- 4) Menghitung *link budget* untuk menilai dan menganalisa kelayakan kualitas *link* transmisi satelit, yang meliputi perhitungan nilai *bandwidth*, *gain* antena, EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*) dan Redaman Ruang Bebas (*Path Loss* L_{FS}).
- 5) Menghitung beda fase antara lokasi pemancar dan penerima untuk dapat mengetahui sudut pantul dan daya terima akibat gelombang pantul yang dipancarkan.
- 6) Menghitung daya pancar untuk mengetahui berapa level daya yang efektif dalam proses komunikasi, yaitu saat sebuah MS melakukan panggilan atau mengirim dan menerima data.
- 7) Melakukan analisis dari hasil perhitungan menggunakan model propagasi *two ray ground*.
- 8) Menentukan luasan daerah yang bisa dicakup oleh BTS.

3.4 Tahapan Penelitian Analisis Potensi Pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember



Gambar 3.4 Tahapan penelitian analisis potensi pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember

Penjelasan mengenai tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

- 1) Studi literatur mengenai bahan kajian yang akan digunakan dalam menunjang proses penelitian.
- 2) Melakukan perumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian
- 3) Melakukan proses pengumpulan data sebagai bahan kajian dalam penelitian
- 4) Melakukan proses perhitungan dan pengolahan data yang telah dikumpulkan
- 5) Melakukan proses analisis data hasil perhitungan serta pengolahan guna mendapatkan sebuah penyelesaian dan kesimpulan dari hasil penelitian.

BAB 4. HASIL DAN ANALISIS DATA

4.4 Hasil dan Pengumpulan Data

4.4.1 Parameter Inisialisasi *Link*

Parameter inisialisasi *vane* yang digunakan pada analisis ini adalah parameter yang umumnya digunakan pada Satelit Palapa oleh PT. Indosat Tbk selaku operator, dalam melakukan analisa hubungan data *link* komunikasi satelit, yaitu :

r : Jari-jari *geostasioner* = 42.380 Km

R_e : Jari-jari bumi = 6.380 Km

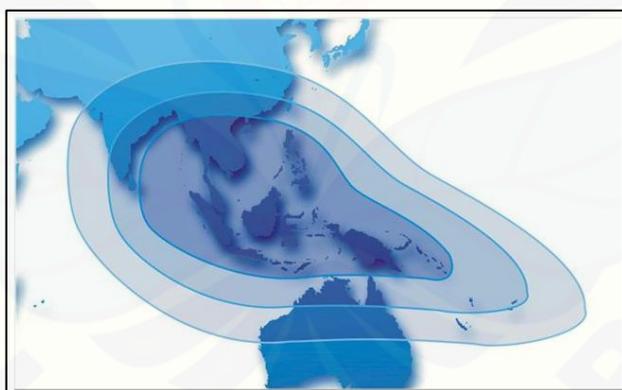
H : Tinggi satelit pada Ekuator = 36.000 km

c : Kecepatan cahaya = 3×10^8

K : Kons Boltzman = $1,38 \times 10^{-23}$ J/K

Typical Coverage : ASEAN BEAM

Application : Voice - Data - Video Transmission



Gambar 4.1 *Coverage area* satelit palapa - ASEAN BEAM (Sumber: PT. Indosat Tbk, 2014)

Link VSAT pada PT. Indosat BSC uncen Daan Mogot, Jakarta Barat merupakan salah satu bentuk layanan PT. Indosat pada pemerintah dan masyarakat Indonesia dalam pemberian jasa layanan telekomunikasi. Tipe *coverage area* yang digunakan pada BTS VSAT Blawan adalah ASEAN BEAM, yaitu *coverage area* yang meliputi kawasan Asia Tenggara.

4.4.2 Parameter Stasiun Bumi dan Satelit

a. Data *Hub Station* Bumi (Hub Indosat BSC Daan Mogot, Jawa Barat)

1. Diameter Antena : 3,8 meter dengan $\eta = 0.65$
2. Frekuensi *up link* : 6095,500 MHz
3. Daya *transmit* : pada ODU 20 Watt
4. $L_{SAL} \Rightarrow L_{SAL}$ kabel IF (BNC Kabel) 1.3 dB / 30 meter
 $\Rightarrow L_{SAL}$ kabel RF (IFL Kabel) 0.6 dB / meter
5. $L_{ANT} \Rightarrow 1,5$ dB

Hub station yang digunakan berada di daerah Daan Mogot, Jakarta Barat. *Hub station* ini sekaligus berfungsi sebagai BSC dan pengolahan informasi dari pengguna yang selanjutnya akan dikirimkan kembali melalui VSAT.

b. Data Satelit Palapa untuk *Transponder* 5H

1. Posisi Satelit Palapa : $150,5^\circ$ T
2. $EIRP_{SAT}$ (untuk Daan Mogot, Jawa Barat) : ± 41 dBW
3. *Bandwidth Transponder* : 36 MHz
4. *Frequency Range* :
 $Up = 5927 - 6423$ MHz
 $Down = 3702 - 4198$ MHz
5. G / T : ± 1 dB / °K
6. *Input Back Off* (BO_I) = 6 dB
Output Back Off (BO_O) = 4 dB

c. Data Stasiun Bumi *Remote* (Indosat BTS Blawan)

1. Diameter Antena : 3,8 meter
2. Frekuensi *down link* : 3870,000 MHz
3. Daya *transmit* : pada ODU 20 Watt
4. T_{SYS} 130° K (berdasarkan data perangkat *C-Band*)
5. $L_{SAL} \Rightarrow L_{SAL}$ kabel IF (BNC Kabel) 1.3 dB / 30 meter
 $\Rightarrow L_{SAL}$ kabel RF (IFL Kabel) 0.6 dB / meter
6. $L_{ANT} \Rightarrow 1,5$ dB

4.4.3 Data Pemancar BTS

Pada penelitian ini pemancar yang akan digunakan untuk analisis potensi pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember di perkebunan Blawan memiliki spesifikasi teknik sebagai berikut :

- | | |
|--------------------------------------|---|
| a. Arah antena | : <i>Sector 1</i> = 65° (dari arah utara)
<i>Sector 2</i> = 195° (dari arah utara)
<i>Sector 3</i> = 315° (dari arah utara) |
| b. Koordinat | : 8°1'22.87"S
114°10'46.46"E |
| c. Tipe antena | : AP909014_t6 (RFS) |
| d. Frekuensi yang digunakan | : 900 MHz (GSM Kelas 4)
<i>Uplink</i> : 898,6 MHz
<i>Downlink</i> : 943,6 MHz |
| e. Daya keluaran (<i>TX Power</i>) | : 43 dBm |
| f. Tipe kabel dan konektor | : CELLFLEX (RFS) |
| g. Rugi kabel+konektor | : 24,0 dB |
| h. Tinggi lokasi | : 1230 m (dpl) |
| i. Tinggi pemancar | : 55 meter dari permukaan tanah |
| j. Polarisasi antena | : Vertikal |
| k. Jangkauan area | : 5 Km |
| l. Skala peta topografi Blawan | : 1:1250 (dilampirkan) |

Sumber : PT. Indosat Tbk, 2014

4.4.4 Peta Topografi

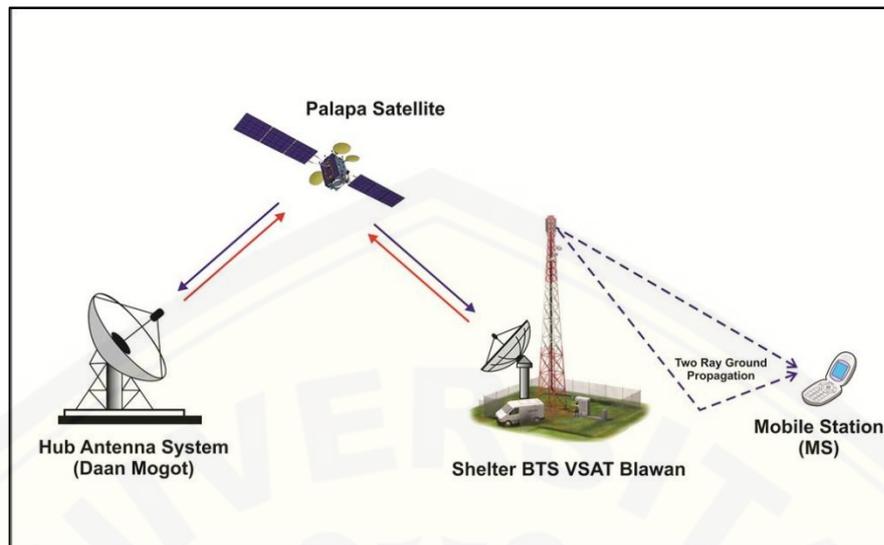
Penentuan jarak lokasi penelitian diperoleh dari peta topografi tiap desa yang ada di perkebunan Blawan Kecamatan Sempol. Untuk mengetahui arah lokasi menggunakan aplikasi Google Earth Pro dengan titik acuan lokasi BTS Blawan yang akan direncanakan. Selanjutnya data ini akan digunakan untuk menganalisa kualitas komunikasi dengan mekanisme model propagasi *two ray ground*.

Tabel 4.1 Data ketinggian tanah berdasarkan peta topografi blawan

<i>Sectoral</i>	Arah Terhadap Utara	Jarak (km)	Ketinggian Tanah (m)	Daerah
1	22°	3.8	1006	Kaligedang
1	22°	4.2	1005	Kalisengon
1	40°	4.1	1141	Larpenang
1	60°	2.5	1261	Gunung Blawu
1	60°	3.5	1231	Sumberrejo
1	60°	4.5	1237	Girimulyo
1	100°	0.35	1238	Watucahil
2	157°	1.4	1369	Margahayu
2	196°	3	1449	Curah Macan
2	196°	4.8	1615	Kawah Wurung
3	295°	3.8	1106	Sempol
3	310°	3.9	1091	Kalisat
3	315°	2.7	1096	Plalangan
3	315°	4	1075	Kampung Baru
3	330°	3.4	1012	Mas Rejomulyo
3	347°	4	961	Blawan

4.4.5 Struktur Jaringan BTS VSAT PT. Indosat di Perkebunan Blawan

Blawan merupakan sebuah daerah perkebunan PTPN XII di kecamatan Sempol yang terletak di kawasan kaki Gunung Ijen. Daerah ini memiliki kontur permukaan tanah yang tidak rata. Perkebunan Blawan memiliki banyak tebing dan lembah dikarenakan daerahnya yang terletak di lereng pegunungan. Dengan kondisi geografis pegunungan yang memiliki banyak tebing tinggi menyebabkan penggunaan media transmisi seperti pemancar *microwave* menjadi tidak maksimal, sehingga penggunaan transmisi VSAT cocok untuk digunakan dalam medan seperti ini. Sehingga dengan penggunaan VSAT dapat menjangkau daerah Blawan lebih maksimal karena cakupan wilayah yang dimiliki VSAT lebih luas. Struktur jaringan BTS VSAT yang akan digunakan adalah sebagai berikut :



Gambar 4.2 Struktur jaringan BTS VSAT PT. Indosat di Perkebunan Blawan

Pada struktur jaringan ini yang ditunjukkan oleh gambar 4.2 *hub antenna system* terletak di daerah Daan Mogot, Jakarta Barat. *Hub antenna system* ini sekaligus berfungsi sebagai BSC (*Base Station Controller*) yaitu untuk mengatur semua fungsi hubungan radio dari jaringan GSM. BSC adalah *switch* berkapasitas besar yang menyediakan fungsi seperti *handover* HP, penyediaan *channel* radio, dan kumpulan dari konfigurasi data beberapa *cell* BTS. Kemudian sinyal akan diteruskan ke BTS Blawan melalui satelit Palapa dengan VSAT secara *full duplex*.

Titik lokasi BTS diletakan di Dusun Watucapil, dengan ketinggian tanah 1230 mdpl lokasi ini terletak di sektor tengah Kecamatan Sempol dan bisa menghasilkan *coverage area* yang dapat menjangkau titik lokasi yang ada. Jaringan yang digunakan dalam perencanaan BTS di Blawan ini adalah jaringan 2G. Jaringan 2G dipilih karena memiliki frekuensi sebesar 900 MHz, sehingga dapat menghasilkan cakupan wilayah yang luas dengan kondisi permukiman yang ditempati oleh MS letak lokasinya menyebar. Karakteristik jaringan ini juga lebih tahan terhadap *noise* yang terdapat di udara sehingga mampu mengantarkan sinyal dengan kondisi geografis seperti di perkebunan Blawan. Modul 2G ini terletak di dalam satu *shelter* BTS yang sama dengan VSAT yang akan digunakan. Kemudian BTS tersebut akan memancarkan sinyal radio melalui antena *sectoral* menuju MS dengan menggunakan mekanisme model propagasi *two ray ground*.

4.5 Analisis Perhitungan *Link Budget* VSAT PT. Indosat Sales Area Jember di Perkebunan Blawan

Dengan melakukan analisa dengan perhitungan *link budget* kita dapat mengetahui kinerja dan kualitas sinyal dari *link* VSAT, proses analisis pada perhitungan *link budget* adalah sebagai berikut :

4.5.1 Analisis *Bandwidth*

Tabel 4.2 Spesifikasi teknis *demand link* VSAT SCPC PT. Indosat Sales Area Jember di Perkebunan Blawan

1	Modulasi	8PSK	16QAM
2	<i>Date Rate</i>	2048	2048
3	FEC	3/4	3/4
4	N	3	4
5	α	0,09	0,46

Modulasi yang dipilih adalah 16-QAM karena dengan modulasi tersebut *bandwidth* yang dibutuhkan lebih kecil jika dibandingkan 8-PSK, sehingga nantinya pemakaian alokasi *transponder* lebih efisien. *Bandwidth* pelanggan dapat dihitung dengan persamaan 2.6.

$$Bandwidth = \frac{2048}{3/4} \left(\frac{1 + 0,46}{4} \right) = 2.730,6(0,365) = 996,7\text{KHz} \approx 1\text{MHz}$$

4.5.2 Analisis *Gain* Antena

Perhitungan *gain* antena pada sisi Daan Mogot, Jawa Barat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1a.

$$\begin{aligned} G_{DMG}(\text{dB}) &= 20,45 + 20 \log f + 20 \log d + 10 \log \eta \\ &= 20,45 + 20 \log (6,095) + 20 \log (3,8) + 10 \log (0,65) \\ &= 20,45 + 15,71 + 11,59 + (-1,86) \\ &= 45,89 \text{ dB} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama gain antenna pada sisi Blawan dapat pula dihitung.

$$\begin{aligned} G_{BLW} \text{ (dB)} &= 20.45 + 20 \log f + 20 \log d + 10 \log \eta \\ &= 20.45 + 20 \log (3,87) + 20 \log (3,8) + 10 \log (0,65) \\ &= 20,45 + 11,75 + 11,59 + (-1,87) \\ &= 41,95 \text{ dB} \end{aligned}$$

4.5.3 Analisis EIRP (*Efective Isotropic Radiated Power*)

Perhitungan EIRP Stasiun Bumi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2b, dalam hal ini EIRP yang dihitung adalah EIRP stasiun bumi Blawan, dengan G_{TX} adalah G_{DMG}

$$\begin{aligned} EIRP_{SB\ DMG} \text{ (dB)} &= 10 \log P_T + 10 \log G_T \\ EIRP_{SB\ DMG} \text{ (dB)} &= 10 \log 20 \text{ Watt} + G_{DMG} \text{ dB} \\ &= 13,01 \text{ dB} + 45,89 \text{ dB} \\ &= 58,9 \text{ dBW} \end{aligned}$$

4.5.4 Redaman Ruang Bebas (*Path Loss L_{FS}*)

a. Perhitungan Redaman Ruang Bebas (*Path Loss L_{FS}*) arah *uplink* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.5 , yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L_{FS} \text{ (dB)} &= 92,45 + 20 \log f_u + 20 \log d_u \\ L_{FS} &= 92,45 + 20 \log (6,095) + 20 \log (36.581) \\ L_{FS} &= 199,411 \text{ dB} \end{aligned}$$

b. Perhitungan Redaman Ruang Bebas (*Path Loss L_{FS}*) arah *downlink*

$$\begin{aligned} L_{FS} \text{ (dB)} &= 92,45 + 20 \log f_u + 20 \log d_u \\ L_{FS} &= 92,45 + 20 \log (3,87) + 20 \log (36.573) \\ L_{FS} &= 195,39 \text{ dB} \end{aligned}$$

4.6 Analisis Cakupan Wilayah Pembangunan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember di Perkebunan Blawan Menggunakan Model Propagasi *Two Ray Ground*

Perhitungan daya diperlukan untuk menentukan level daya agar dapat ditangkap di sisi penerima sesuai syarat level minimum yang diijinkan. Terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan antara lain :

4.6.1 Perhitungan Beda Fase

Apabila jarak BTS dan MS maksimum dengan tinggi MS sangat kecil maka nilai koefisien pantul -1 ($R = -1$). Sesuai dengan persamaan 2.12, maka beda fase antara gelombang langsung dan gelombang pantul dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.3 Beda fase antara gelombang langsung dan gelombang pantul

Sect	Arah Terhadap Utara	Jarak (km)	Ketinggian Tanah (mdpl)	ht relatif (m)	hr relatif (m)	$\theta_1 = \theta_2$ (derajat)	Beda Fase (derajat)	Status
1	22°	3.8	1006	55	225,5	4,00	7129.309	Kurang Baik
1	22°	4.2	1005	55	226,5	4,00	6478.932	Kurang Baik
1	40°	4.1	1141	55	90,5	2,29	2651.852	Baik
1	60°	2.5	1261	86	1,5	2,29	112.712	Baik
1	60°	3.5	1231	56	1,5	1,14	52.424	Baik
1	60°	4.5	1237	62	1,5	0,57	45.143	Baik
1	100°	0.35	1238	63	1,5	9,09	589.774	Cukup Baik
2	157°	1.4	1369	194	1,5	7,97	454.032	Cukup Baik
2	196°	3	1449	274	1,5	5,14	299.256	Baik
2	196°	4.8	1615	440	1,5	5,14	300.348	Cukup Baik
3	295°	3.8	1106	55	125,5	2,86	3967.753	Cukup Baik
3	310°	3.9	1091	55	140,5	2,86	4328.089	Cukup Baik
3	315°	2.7	1096	55	135,5	4,00	6029.205	Kurang Baik
3	315°	4	1075	55	156,5	2,86	4700.443	Cukup Baik
3	330°	3.4	1012	55	219,5	4,57	7756.041	Kurang Baik
3	347°	4	961	55	270,5	4,57	8124.409	Kurang Baik

Dari analisis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa beda fase yang paling besar berada di titik 347° jarak 4 km yaitu 8124,409° dikarenakan ketinggian

tanah pada titik ini adalah paling rendah diantara titik yang lain. Hal ini menyebabkan pada tinggi relatif penerima tidak bisa menangkap sinyal yang dipantulkan oleh pemancar dengan baik. Kondisi lokasi yang berada pada lembah menyebabkan sinyal yang dipancarkan menabrak dataran yang lebih tinggi sehingga pancaran sinyal untuk sampai pada penerima.

4.6.2 Perhitungan Daya Pancar

Untuk mencari *Received Signal Level* (RSL) terlebih dahulu kita menghitung rugi propagasi dengan rumus di bawah ini :

$$\begin{aligned} \text{RSL} &= T_x + G_t - L_{fs} + G_r \\ &= 43 + 16 - 91,524 + 1,086 \\ &= -31,44 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Keterangan :

- RSL = *Received Signal Level* (dBm)
- T_x = Daya keluaran (dBm)
- G_t = Penguatan antena pemancar (dB)
- L_{fs} = Redaman propagasi ruang bebas (dB)
- G_r = Penguatan antena pada penerima (dB)

Dari hasil analisis menunjukkan level sinyal terima dari jarak 1 sampai dengan 5 Km berbeda-beda, akan tetapi untuk nilai EIRP relatif sama karena merupakan daya pancar efektif BTS Blawan dari ketiga antena *sectoral*, dan hanya dipengaruhi oleh penguatan antena dan redaman saluran. Nilai RSL dan EIRP dapat dilihat pada Tabel 4.4 dibawah ini :

Tabel 4.4 RSL (*Received Signal Level*) dan daya pancar efektif EIRP BTS Blawan

No	Jarak (m)	RSL (dBm)	EIRP (dBm)
1	1000	-31,44	35
2	2000	-37,44	35
3	3000	-40,98	35
4	4000	-43,48	35
5	5000	-45,42	35

4.6.3 Perhitungan Daya Terima

Daya yang diterima oleh *Mobile Station* (MS) pada penggunaan propagasi *two ray ground* sangat dipengaruhi oleh tinggi pemancar dan penerima serta jarak antar keduanya. Karena ketinggian tanah yang berbeda-beda di setiap titik, maka ditentukan tinggi relatif dengan mengasumsikan bahwa permukaan bumi adalah datar. Untuk mengetahui kualitas daya terima jaringan ditentukan dengan parameter standar nilai RSCP (*Received Signal Code Power*) pada tabel 2.2.

$$P_r(W) = \frac{P_t G_t G_r h_t^2 h_r^2}{(d^4)}$$

$$\begin{aligned} P_r(\text{dBm}) &= 10 \log(P_t) + 10 \log(G_t) + 10 \log(G_r) + 20 \log(h_t) + 20 \log(h_r) \\ &\quad - 40 \log(d) \\ &= 35 + 10 \log(1,086) + 20 \log(64) + 20 \log(1,5) - 40 \log(1000) \\ &= -45 \text{ dBm} \end{aligned}$$

Perhitungan daya terima *two ray ground* dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

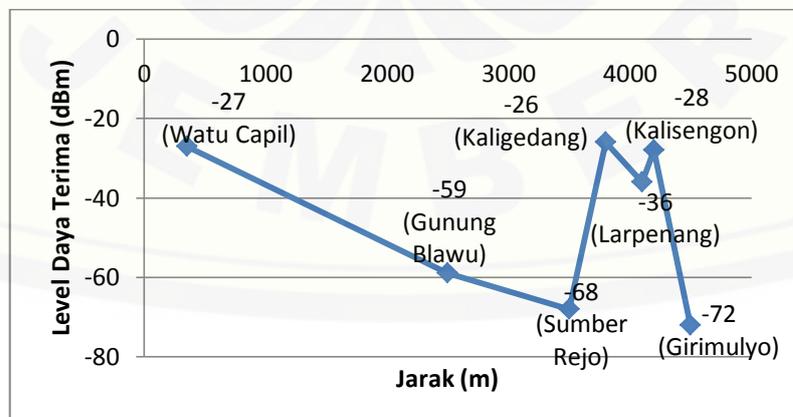
Tabel 4.5 Data daya terima propagasi *two ray ground*

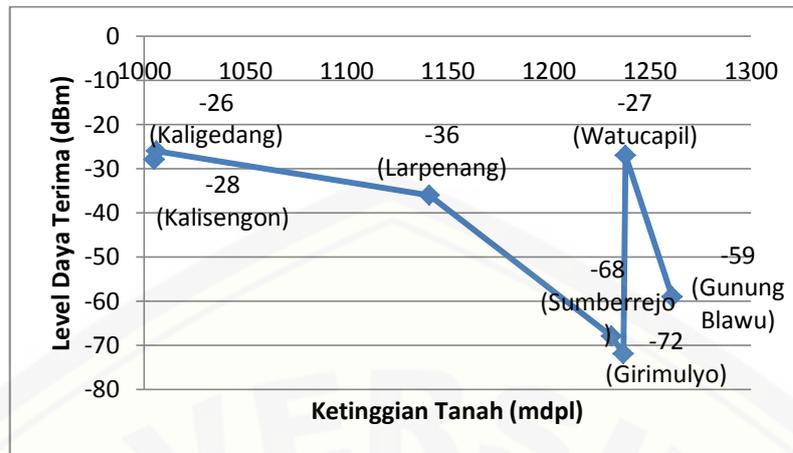
Sec	Arah Terhadap Utara	Jarak (Km)	Ketinggian Tanah (mdpl)	Daerah	ht relatif (m)	hr relatif (m)	Daya Terima (dBm)	Status
1	22°	3.8	1006	Kaligedang	55	225.5	-26	Baik
1	22°	4.2	1005	Kalisengon	55	226.5	-28	Baik
1	40°	4.1	1141	Larpenang	55	90.5	-36	Baik
1	60°	2.5	1261	Gunung Blawu	86	1.5	-59	Baik
1	60°	3.5	1231	Sumberrejo	56	1.5	-68	Baik
1	60°	4.5	1237	Girimulyo	62	1.5	-72	Baik
1	100°	0.35	1238	Watucapil	63	1.5	-27	Baik
2	157°	1.4	1369	Margahayu	194	1.5	-42	Baik
2	196°	3	1449	Curah Macan	274	1.5	-52	Baik
2	196°	4.8	1615	Kawah Wurung	440	1.5	-56	Baik
3	295°	3.8	1106	Sempol	55	125.5	-31	Baik

Tabel 4.5 Data daya terima propagasi *two ray ground* (lanjutan)

Sec	Arah Terhadap Utara	Jarak (Km)	Ketinggian Tanah (mdpl)	Daerah	ht relatif (m)	hr relatif (m)	Daya Terima (dBm)	Status
3	310°	3.9	1091	Kalisat	55	140.5	-31	Baik
3	315°	2.7	1096	Plalangan	55	135.5	-25	Baik
3	315°	4	1075	Kampung Baru	55	156.5	-30	Baik
3	330°	3.4	1012	Mas Rejomulyo	55	219.5	-25	Baik
3	347°	4	961	Blawan	55	270.5	-26	Baik

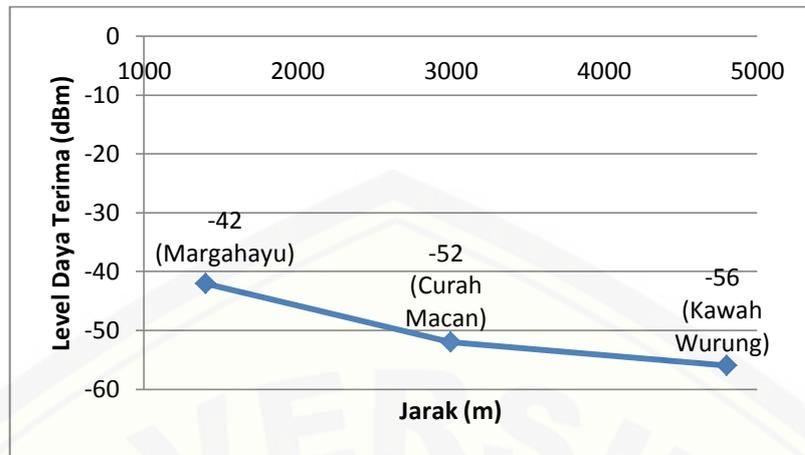
Pada daerah antenna pemancar *sectoral 1* nilai daya terima menggunakan model propagasi *two ray ground* terlihat memiliki selisih perbedaan yang sangat besar. Itu disebabkan karena pada daerah *sectoral 1* perkebunan Blawan memiliki kontur tanah yang tidak rata dan memiliki banyak lembah sehingga selisih ketinggian tanah di masing-masing lokasi memiliki perbedaan yang cukup besar. Oleh karena itu level daya terima yang dihasilkan menjadi berbeda-beda. Pada arah 22° jarak 3,8 Km level daya yang diterima paling kecil yaitu -26 dBm dengan RSL -45,42 dBm, dikarenakan oleh beda fase pada titik ini yang sangat besar yaitu 7129,309°. Dan pada arah 100° jarak 0,35 Km level daya yang diterima juga kecil yaitu -27 dBm, dikarenakan selisih jarak pada titik dengan lokasi pemancar sangat kecil sehingga memiliki sudut pantul yang paling besar dari titik yang lain yaitu 9,09°. Grafik perhitungan level daya terima antenna *sectoral 1* menggunakan propagasi *two ray ground* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

Gambar 4.3 Grafik hubungan antara jarak dan level daya terima pada *sector 1*

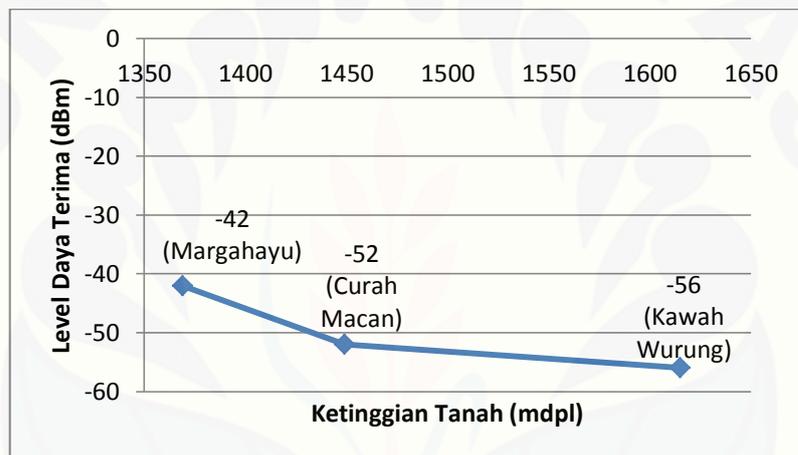


Gambar 4.4 Grafik hubungan antara ketinggian tanah dan level daya terima pada *sector 1*

Pada daerah antena pemancar *sectoral 2* nilai daya terima menggunakan model propagasi *two ray ground* terlihat mengalami kenaikan yang stabil. Itu disebabkan karena pada daerah *sectoral 2* perkebunan Blawan memiliki kontur tanah yang cukup rata dan memiliki ketinggian tanah yang semakin meninggi. Dari daerah antena pemancar *sectoral 2* terlihat hubungan level daya terima berbanding lurus dengan jarak dan ketinggian tanah dimasing-masing titik lokasi. Semakin jauh jarak dan tinggi lokasi maka semakin besar pula level daya terima yang dihasilkan. Pada arah 157° dengan memiliki jarak paling dekat dengan pemancar *sectoral 2* yaitu 1,4 Km level daya yang diterima adalah -42 dBm. Pada arah 196° dengan memiliki jarak paling jauh dengan pemancar *sectoral 2* yaitu 4,8 Km level daya yang diterima adalah -56 dBm. Grafik perhitungan level daya terima antena *sectoral 2* menggunakan propagasi *two ray ground* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



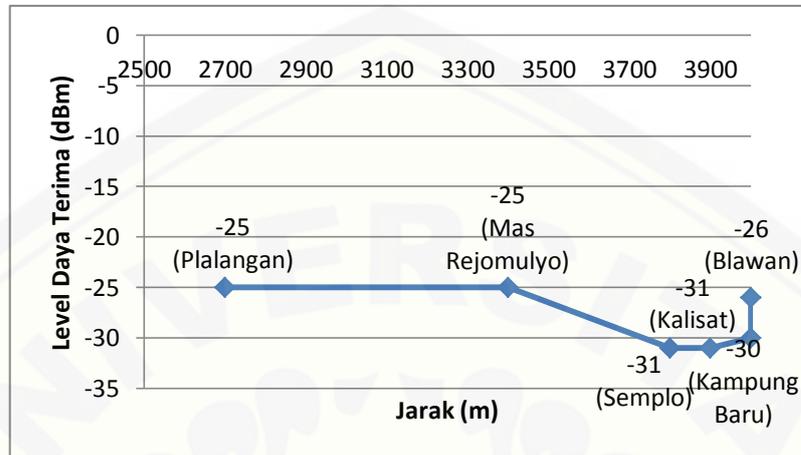
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara jarak dan level daya terima pada *sector 2*



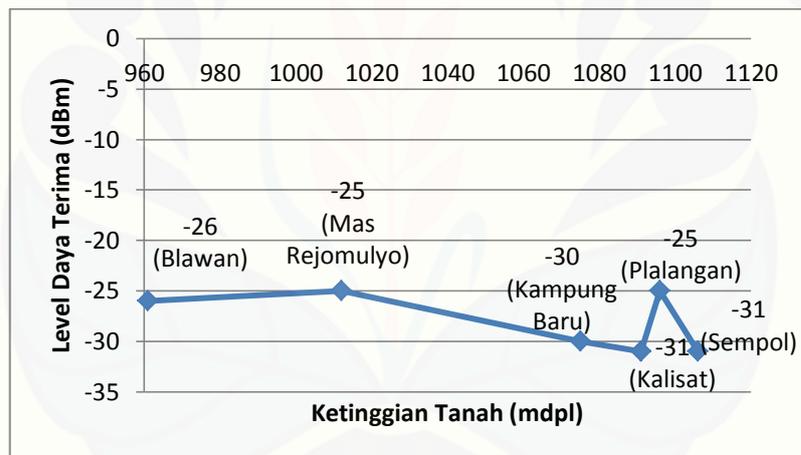
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara ketinggian tanah dan level daya terima pada *sector 2*

Pada daerah antena pemancar *sectoral 3* nilai daya terima menggunakan model propagasi *two ray ground* memiliki nilai rata-rata yang hampir sama. Itu disebabkan karena pada daerah *sectoral 3* perkebunan Blawan memiliki kontur tanah yang cukup rata dan memiliki selisih ketinggian tanah yang kecil. Level daya terima yang paling besar terdapat pada titik 296° dan 310° . Pada arah 296° dan 310° level daya yang diterima adalah sama yaitu -31 dBm. Hal ini disebabkan oleh ketinggian dan jarak pemancar yang relatif sama yaitu pada arah 296° memiliki jarak 3,8 Km dengan ketinggian 1106 mdpl dan pada arah 310° memiliki jarak 3,9 Km dengan ketinggian 1091 mdpl. Dan level daya terima yang paling rendah terdapat pada titik 315° dan 330° . Pada arah 315° dan 330° level daya yang

diterima adalah sama yaitu -25 dBm. Grafik perhitungan level daya terima antenna *sectoral 3* menggunakan propagasi *two ray ground* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.7 Grafik hubungan antara jarak dan level daya terima pada *sector 3*



Gambar 4.8 Grafik hubungan antara ketinggian tanah dan level daya terima pada *sector 3*

Cakupan wilayah pada perhitungan perencanaan pembangunan BTS VSAT menggunakan model propagasi *two ray ground* terdapat 16 titik dusun yang dijadikan lokasi MS mendapatkan daya terima yang memenuhi syarat untuk berkomunikasi ($RSL < MS$ Sensitivitas) yaitu : -26 dBm s.d -72 dBm (*sectoral 1*); -42 dBm s.d -56 dBm (*sectoral 2*); -25 dBm s.d -31 dBm (*sectoral 3*). Level daya yang paling banyak diterima yaitu antara -20 dBm s.d -40 dBm dengan presentase penerimaan pada level ini sebesar 62,5 %.

BAB 5. PENUTUP

5.3 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah :

1. Kualitas sistem komunikasi VSAT ditentukan melalui analisa perhitungan *link budget* yang dihasilkan, yaitu meliputi *bandwidth* sebesar 996,7KHz \approx 1MHz, *gain* antena G_{DMG} sebesar 45,89 dB dan G_{BLW} sebesar 41,95 dB, EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*) sebesar 58,9 dBW, Redaman Ruang Bebas (*Path Loss* L_{FS}) arah *uplink* sebesar $L_{FS} = 199,411$ dB serta arah *downlink* sebesar $L_{FS} = 195,39$ dB. Dari analisa perhitungan *link budget* tersebut dapat diketahui kinerja dan kualitas sinyal dari *link* VSAT telah memenuhi syarat komunikasi yang dibutuhkan.
2. Semua titik yang dijadikan lokasi penelitian perencanaan pembangunan BTS VSAT di Perkebunan Blawan pada penggunaan propagasi *two ray ground* memenuhi syarat untuk melakukan komunikasi antara BTS dengan MS sesuai dengan data daya terima yang diperoleh pada tabel 4.5 halaman 49.
3. Beda fase yang paling besar yaitu $7129,309^\circ$ yang terletak pada arah 22° jarak 3,8 Km, dengan level daya terima sebesar -26 dBm. Serta level daya yang paling banyak diterima yaitu antara -20 dBm s.d -40 dBm dengan presentasi penerimaan pada level ini sebesar 62,5 %.

5.4 Saran

Dari analisis penggunaan propagasi *two ray ground* pada perencanaan BTS VSAT PT. Indosat Sales Area Jember di perkebunan Blawan, maka untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan analisis lanjutan tentang potensi penggunaan frekuensi yang lebih tinggi (3G/4G) mengingat kebutuhan telekomunikasi yang semakin meningkat. Serta penambahan *node* BTS untuk meningkatkan level daya dikarenakan kondisi geografis Blawan yang memiliki banyak lembah dan tebing yang bisa menghambat persebaran sinyal.

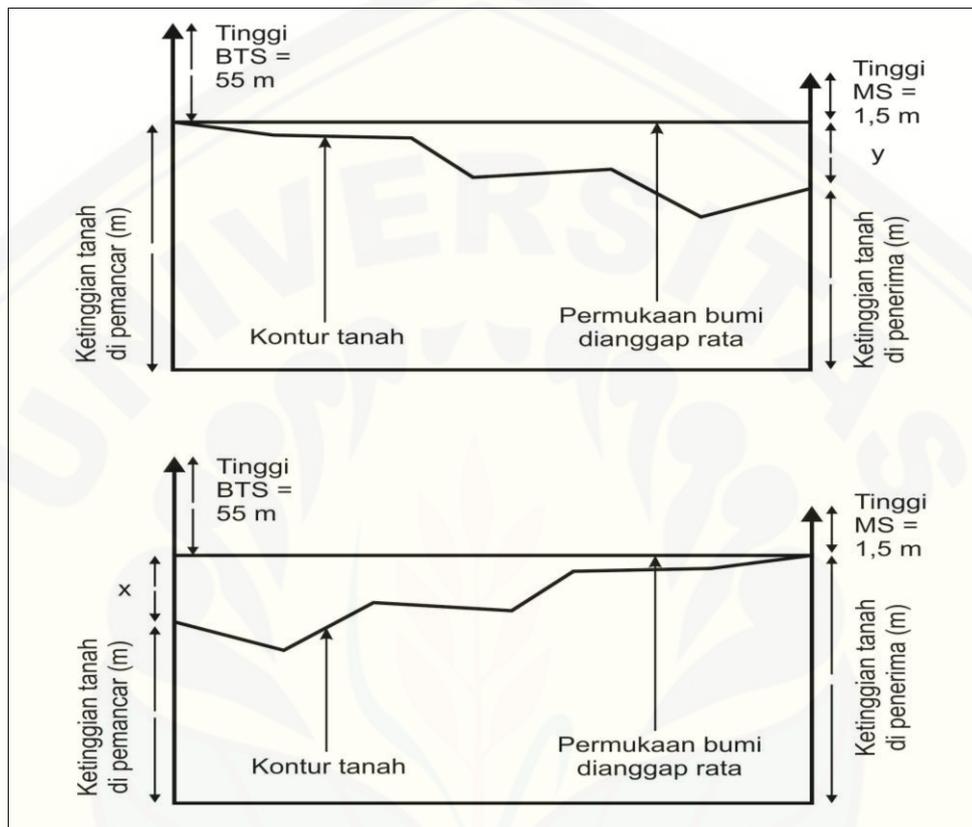
DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, C. 2014. <https://candraaditama.files.wordpress.com/2014/01/kontur.png>.
[16 April 2015]
- Aribowo, P. A., Yudanto, R. C., Adiputra, A. (tanpa tahun). *Global System for Mobile Communication (GSM)*. Yogyakarta : Teknik Elektro UGM
- Damar, W & Joseph, A. 2009. *Pengukuran Kualitas Pada Jaringan GSM*
- Darwis, F. 2008. *Analisis performansi VSAT*. Jakarta : Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Diany, M. 2008. “Analisis Cakupan Wilayah BTS Kaliwates Sektor 1 PT. Indosat Cabang Jember Menggunakan Model Propagasi Two Ray Ground” Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.
- Eberspacher, J. *et al.* 2009. *GSM - Architecture, Protocols and Services*. Third Edition. England : John Wiley & Sons.
- Freeman, R. L. 1998. *Telecommunication Transmission Handbook*. John Wiley & Sons Inc : New York.
- Gairola & Shailendra. 2007. *TEMS Investigation GSM, ADA Cellworks*.
- Goldsmith , A. 2004. *Wireless Communications*. California: Stanford University
- Hidayatullah, A. 2014.<http://www.wikimu.com/News/displaynews.aspx?id=9473>.
[9 September 2015]
- Irsyad, A. 2012. <http://irsyadhebat.blogspot.com/2012/04/mengenal-stasiun-bumi-dan-kabel-bawah.html>. [17 April 2015]
- Kurniawan, A. 1995. *Penentuan Kebutuhan Daya Pancar Pada Sistem Telepon Radio Diam Dengan Pengukuran Sampel*. Bandung : Majalah Ilmiah Teknik Elektro ITB.
- Labadja, T., Siswandari, N., dan Puspitorini, O. 2012. *Rancang Bangun Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk pemancar GSM di kota Makassar*. Surabaya: Kampus PENS-ITS, Keputih, Sukolilo.
- Maral, G. 1995. *VSAT Network Second Edition*. England: Jhon Wiley Ltd.

- Parlindungan. 2008. *Analisis Tahapan Optimalisasi Link VSAT Metode Akses SCPC Studi Kasus Telkomsel MSC Jayapura - BSC Merauke*. Universitas Indonesia
- Pemkab Bondowoso. (Tanpa Tahun). <http://bondowosokab.go.id/pariwisata/air-terjun-belawan>. [27 Maret 2015]
- Prahasta, E. 2009. *Sistem Informasi Geografis : Konsep-konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika)*. Penerbit Informatika, Bandung.
- Ramadhina, S. 2013. *Komunikasi Satelit Untuk Meningkatkan Jaringan Informasi Di Daerah Tertinggal*. Teknik Elektro, Universitas Al Azhar Indonesia
- Rappaport, T. S. 2001. *Wireless Communications Principles And Practice – second edition*.
- Wikipedia Foundation. 2015. *Global System for Mobile Communications*. https://id.wikipedia.org/wiki/Global_System_for_Mobile_Communications. [23 September 2015]
- Wildan, N. 2013. BTS. <http://nugrahawildan.blogspot.com/2013/02/bts-base-transceiver-station.html>. [17 April 2015]
- Zulhal. 2004. *Prinsip Dasar Elektrotehnik Telekomunikasi*. Jakarta : Gramedia pustaka.

LAMPIRAN

A. Penurunan Rumus dan Perhitungan Tinggi Relatif



Diketahui :

Tinggi BTS = 55 m

Tinggi MS = 1,5 m

x = Ketinggian tanah di penerima – ketinggian tanah di pemancar (m)

y = Ketinggian tanah di pemancar – ketinggian tanah di penerima (m)

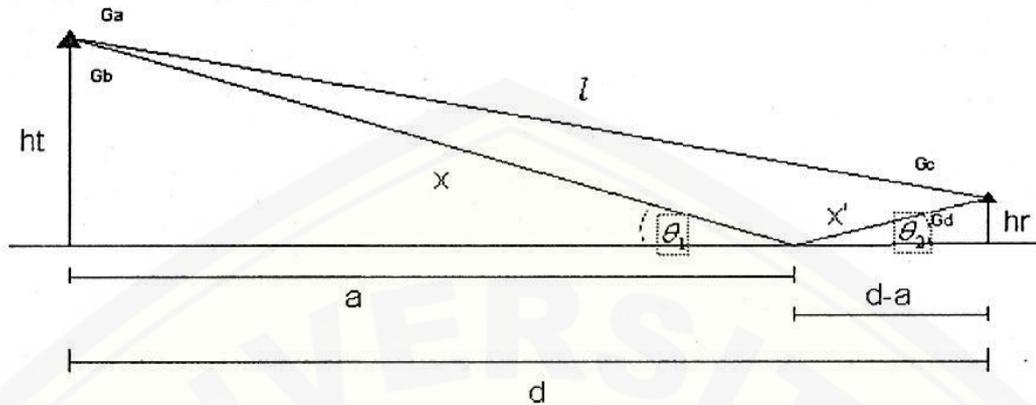
ht relatif = Tinggi relatif pemancar dengan permukaan bumi datar

$$= \text{Tinggi BTS} + x$$

hr relatif = Ketinggian penerima dengan bumi datar (m)

$$= \text{Tinggi MS} + y$$

B. Perhitungan Sudut Datang (θ_1) dan Sudut Pantul (θ_2)



$\tan \theta_1 = \frac{h_t}{a}$ dan $\tan \theta_2 = \frac{h_r}{d-a}$ karena $\theta_1 = \theta_2$, maka:

$$\frac{h_t}{a} = \frac{h_r}{d-a} \dots \dots \dots (3.7)$$

Diketahui :

h_t = Ketinggian tanah + tinggi pemancar (BTS)

h_r = Ketinggian tanah + tinggi penerima (MS)

C. Perhitungan Beda Fase

Diketahui :

$\Delta\phi$ = Beda fase (derajat)

h_t relatif = Tinggi relatif pemancar dengan permukaan bumi datar (m)

h_r relatif = Tinggi relatif penerima dengan permukaan bumi datar (m)

Dari persamaan 2.14 beda fase antara gelombang langsung dan gelombang pantul adalah :

$$\Delta\phi = \frac{4\pi h_t h_r}{\lambda d}$$

D. Perhitungan Daya Terima Model Propagasi *Two Ray Ground*

$$P_r \approx P_t \left(\frac{\lambda \sqrt{G_t G_r}}{4\pi d} \right)^2 \left(\frac{4\pi h_t h_r}{\lambda d} \right)^2$$

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r h_t^2 h_r^2}{(d^4)}$$

Besar daya terima dari rumus diatas diperoleh dengan satuan watt (W), apabila dirubah menjadi satuan dBm maka akan menjadi :

$$P_r(d) = 10 \log(P_t) + 10 \log(G_t) + 10 \log(G_r) + 20 \log(h_t) + 20 \log(h_r) - 40 \log d$$

dengan :

$P_r(d)$ = daya yang diterima oleh penerima sebagai fungsi dari d (dBm)

P_t = daya yang dipancarkan oleh pemancar (dBm)

G_t = penguatan antena pada sisi pemancar (dB)

G_r = penguatan antena pada penerima (dB)

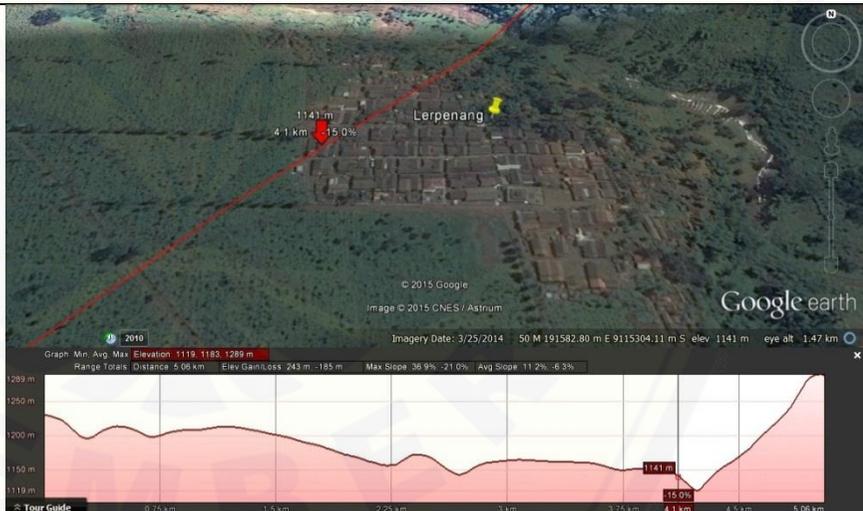
d = jarak antara pemancar dan penerima (m)

h_t = tinggi antena pemancar (m)

h_r = tinggi antenna penerima (m)

E. Jarak dan Ketinggian Lokasi Penerima (MS)

Arah (derajat)	Jarak (Km)	Ketinggian (m)	Daerah	Penampakan Lokasi
22°	3.8	1006	Kaligedang	 <p>The screenshot shows a Google Earth interface with a topographic map of a rural area in Kaligedang. A red line indicates a path with a distance of 3.8 km and an elevation of 1006 m. A yellow line shows an alternative path. Below the map is a profile graph showing elevation changes along the path. The graph has a y-axis from 1000 m to 1230 m and an x-axis from 0 to 5.08 km. A red box highlights the 1006 m elevation point at 3.8 km. Text at the bottom of the graph reads: 'Graph: Min, Avg, Max Elevation: 1000, 1113, 1230 m. Range Totals: Distance: 5.08 km. Elev Gain/Loss: 193 m / -255 m. Max Slope: 33.0% / -47.7%. Avg Slope: 10.4% / -7.9%'. The Google Earth interface also shows coordinates: '50 M 190478.13 m E 9115580.53 m S elev 1006 m eye alt 1.47 km'.</p>

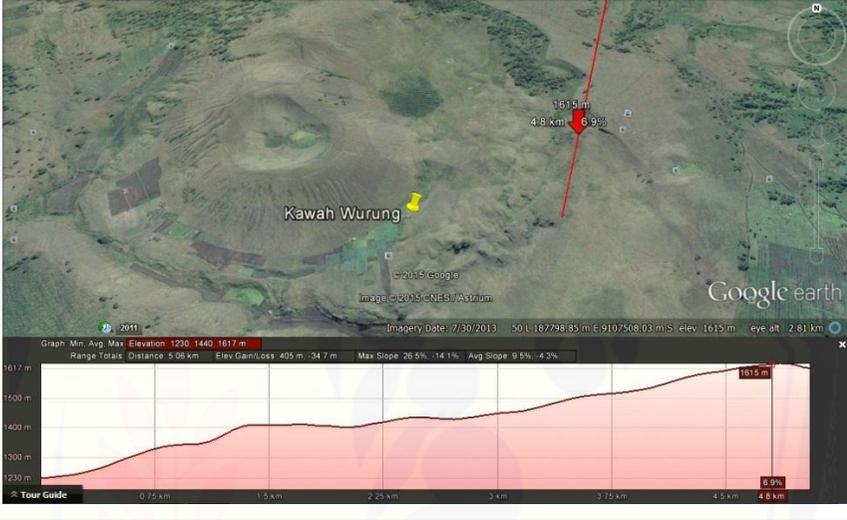
22°	4.2	1005	Kalisengon	 <p>Graph: Min. Avg. Max. Elevation: 1000, 1113, 1230 m Range Totals: Distance: 5.08 km Elev. Gain/Loss: 193 m, -265 m Max Slope: 33.0%, -47.7% Avg Slope: 10.4%, -7.9%</p>
40°	4.1	1141	Larpenang	 <p>Graph: Min. Avg. Max. Elevation: 1119, 1183, 1289 m Range Totals: Distance: 5.06 km Elev. Gain/Loss: 243 m, -185 m Max Slope: 36.9%, -21.0% Avg Slope: 11.2%, -6.3%</p>

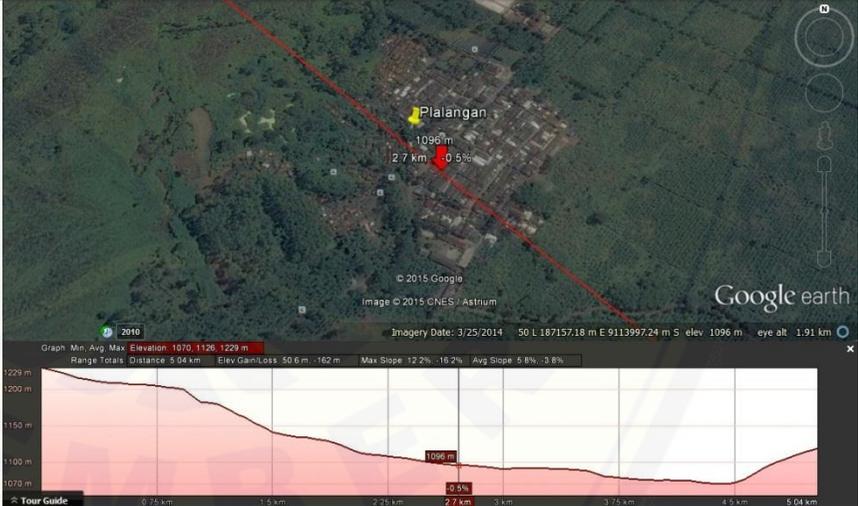
60°	2.5	1261	Gunung Blawu	 <p>Gunung Blawu 1261 m 2.5 km 16.9%</p> <p>© 2015 Google Image © 2015 CNES / Astrium</p> <p>Imagery Date: 3/25/2014 50 L 191287.01 m E 9113271.44 m S elev 1261 m eye alt 1.96 km</p> <p>Graph Min Avg Max Elevation 1199 1233 1267 m Range Total Distance 5.03 km Elev Gain/Loss 188 m -155 m Max Slope 19.8% -18.9% Avg Slope 6.7% -6.7%</p> <p>207 m 250 m 225 m 199 m</p> <p>0.75 km 1.5 km 2.25 km 2.5 km 3 km 3.75 km 4.5 km 5.03 km</p> <p>Tour Guide</p>
60°	3.5	1231	Sumberrejo	 <p>Sumberrejo 1231 m 3.5 km 1.3%</p> <p>© 2015 Google Image © 2015 CNES / Astrium</p> <p>Imagery Date: 3/25/2014 50 L 192164.54 m E 9113742.67 m S elev 1231 m eye alt 1.84 km</p> <p>Graph Min Avg Max Elevation 1199 1233 1267 m Range Total Distance 5.03 km Elev Gain/Loss 188 m -155 m Max Slope 19.8% -18.9% Avg Slope 6.7% -6.7%</p> <p>207 m 250 m 225 m 199 m</p> <p>0.75 km 1.5 km 2.25 km 3 km 3.5 km 3.75 km 4.5 km 5.03 km</p> <p>Tour Guide</p>

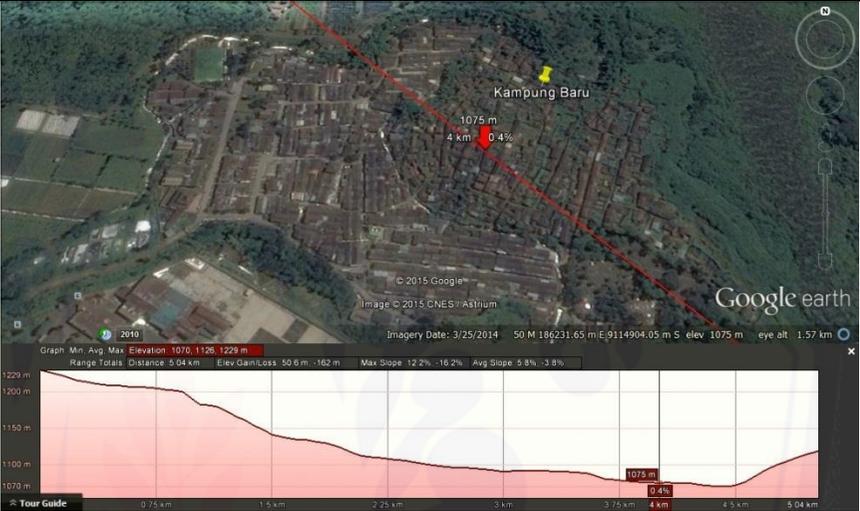
Digital Repository Universitas Jember

60°	4.5	1237	Girimulyo	 <p>The image shows a Google Earth profile for the Girimulyo area. A red line indicates a path of 4.5 km with a 4.6% slope. The elevation at the end of the path is 1237 m. The profile graph below shows the elevation changes along the path, with a maximum elevation of 1267 m and a minimum of 1199 m. The total distance is 5.03 km, with an elevation gain of 188 m and a loss of 155 m. The maximum slope is 19.8% and the average slope is 6.7%.</p>
100°	0.4	1238	WatucaPil	 <p>The image shows a Google Earth profile for the WatucaPil area. A red line indicates a path of 350 m with a 9.7% slope. The elevation at the end of the path is 1238 m. The profile graph below shows the elevation changes along the path, with a maximum elevation of 1602 m and a minimum of 1219 m. The total distance is 5.06 km, with an elevation gain of 483 m and a loss of 111 m. The maximum slope is 35.5% and the average slope is 12.9%.</p>

157°	1.4	1369	Margahayu	 <p>Google Earth profile for Margahayu. The profile shows a distance of 1.4 km with a 4.0% slope. The elevation starts at 1230 m and ends at 1369 m. The graph statistics are: Min. Elevation 1230 m, Avg. Elevation 1451 m, Max. Elevation 1746 m. Range Totals: Distance 5.07 km, Elev Gain/Loss 533 m / -39.8 m, Max Slope 32.0% / -24.7%, Avg Slope 11.5% / -8.5%.</p>
196°	3	1449	Curah Macan	 <p>Google Earth profile for Curah Macan. The profile shows a distance of 3 km with a 6.8% slope. The elevation starts at 1230 m and ends at 1449 m. The graph statistics are: Min. Elevation 1230 m, Avg. Elevation 1440 m, Max. Elevation 1617 m. Range Totals: Distance 9.98 km, Elev Gain/Loss 405 m / -34.7 m, Max Slope 26.5% / -14.1%, Avg Slope 9.5% / -4.3%.</p>

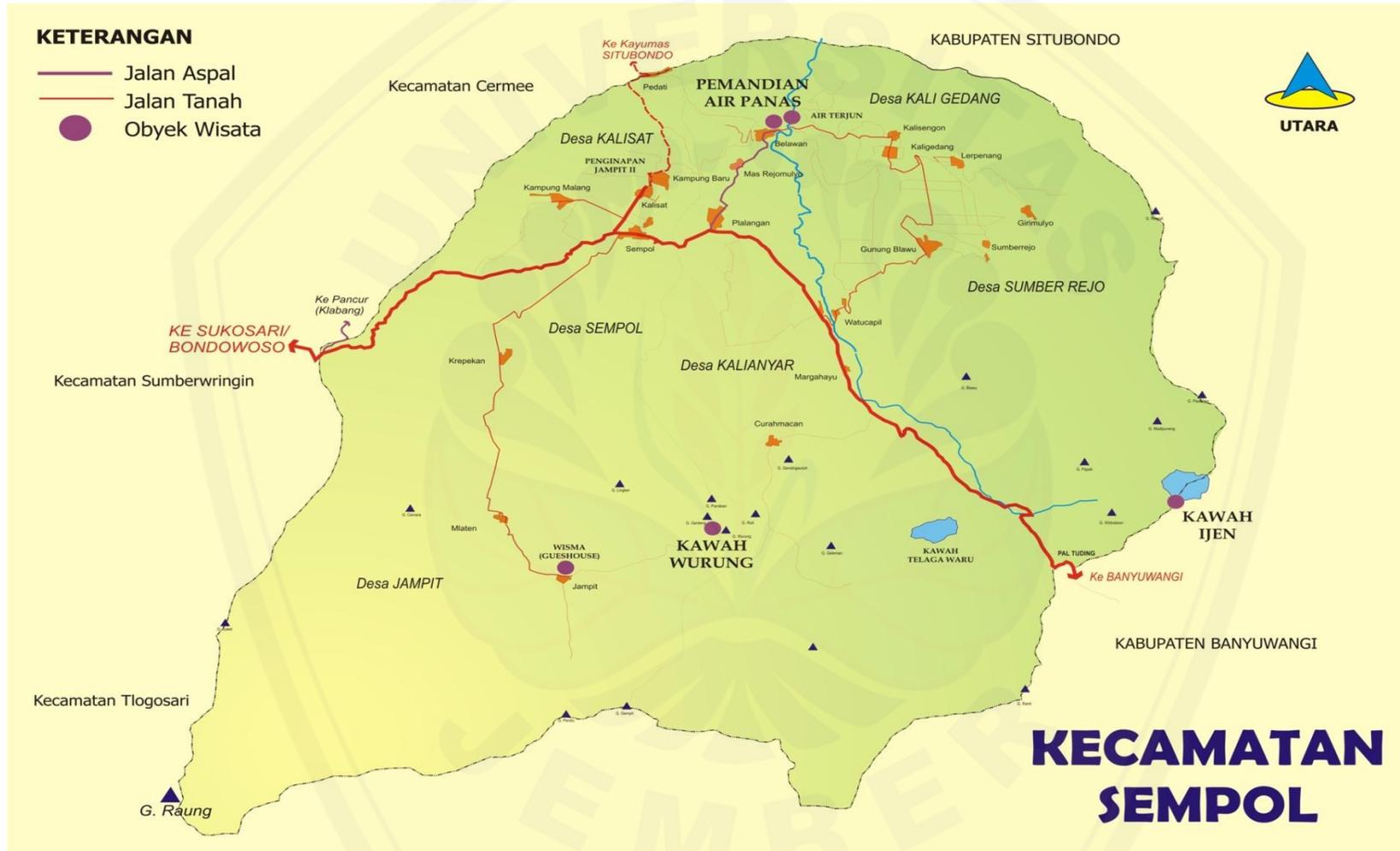
196°	4.8	1615	Kawah Wurung	 <p>Graph: Min. Avg. Max. Elevation: 1230, 1440, 1617 m Range Totals: Distance: 5.06 km, Elev. Gain/Loss: 405 m, -34.7 m, Max Slope: 26.5%, -14.1%, Avg Slope: 9.5%, -4.3%</p>
295°	3.8	1106	Sempol	 <p>Graph: Min. Avg. Max. Elevation: 1105, 1149, 1230 m Range Totals: Distance: 5.01 km, Elev. Gain/Loss: 65.4 m, -156 m, Max Slope: 8.4%, -21.3%, Avg Slope: 2.9%, -5.8%</p>

310°	3.9	1091	Kalisat	 <p>Google Earth screenshot for Kalisat. The terrain profile graph shows the following data:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Distance (km)</th> <th>Elevation (m)</th> <th>Slope (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.75</td> <td>1229</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>1.5</td> <td>1120</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>2.25</td> <td>1073</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>3.0</td> <td>1091</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>3.9</td> <td>1091</td> <td>2.6%</td> </tr> <tr> <td>4.5</td> <td>1073</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>5.04</td> <td>1073</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	Distance (km)	Elevation (m)	Slope (%)	0.75	1229	-	1.5	1120	-	2.25	1073	-	3.0	1091	-	3.9	1091	2.6%	4.5	1073	-	5.04	1073	-			
Distance (km)	Elevation (m)	Slope (%)																													
0.75	1229	-																													
1.5	1120	-																													
2.25	1073	-																													
3.0	1091	-																													
3.9	1091	2.6%																													
4.5	1073	-																													
5.04	1073	-																													
315°	2.7	1096	Plalangan	 <p>Google Earth screenshot for Plalangan. The terrain profile graph shows the following data:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Distance (km)</th> <th>Elevation (m)</th> <th>Slope (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.75</td> <td>1229</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>1.5</td> <td>1126</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>2.25</td> <td>1070</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>2.7</td> <td>1096</td> <td>0.6%</td> </tr> <tr> <td>3.0</td> <td>1070</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>3.75</td> <td>1070</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>4.5</td> <td>1070</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>5.04</td> <td>1070</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	Distance (km)	Elevation (m)	Slope (%)	0.75	1229	-	1.5	1126	-	2.25	1070	-	2.7	1096	0.6%	3.0	1070	-	3.75	1070	-	4.5	1070	-	5.04	1070	-
Distance (km)	Elevation (m)	Slope (%)																													
0.75	1229	-																													
1.5	1126	-																													
2.25	1070	-																													
2.7	1096	0.6%																													
3.0	1070	-																													
3.75	1070	-																													
4.5	1070	-																													
5.04	1070	-																													

315°	4	1075	Kampung Baru	 <p>Google Earth profile view for Kampung Baru. The profile shows a distance of 4 km with a slope of 0.4%. The elevation starts at 1075 m and ends at 1075 m. The graph shows a slight dip in the middle. The background is a satellite image of the village.</p>
330°	3.4	1012	Mas Rejomulyo	 <p>Google Earth profile view for Mas Rejomulyo. The profile shows a distance of 3.4 km with a slope of 3%. The elevation starts at 1012 m and ends at 1012 m. The graph shows a significant dip in the middle. The background is a satellite image of the village.</p>

347°	4	961	Blawan	 <p>The image shows a Google Earth satellite view of a mountainous area with a red line indicating a path. Below the satellite view is an elevation profile graph. The graph's y-axis represents elevation in meters, ranging from 936m to 1230m. The x-axis represents distance in kilometers, ranging from 0 to 5.12 km. A red line on the graph shows the elevation changes along the path. A specific point on the graph is highlighted with a red box and labeled '961 m'. The graph also displays statistics: Range Totals: Distance: 5.12 km, Elev Gain/Loss: 333 m / -355 m, Max Slope: 35.1% / -52.3%, Avg Slope: 17.3% / -10.7%. The Google Earth interface includes a compass, a scale bar, and a 'Your Guide' button.</p>
------	---	-----	--------	---

F. Peta Lokasi Penelitian



G. Gambaran Lokasi Hasil Penelitian

