

**ANALISIS KUAT MEDAN PADA
PENERIMAAN RADIO AM**

SKRIPSI

Oleh

TERESA LIANA

04 04 03 079 2



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
2008**

**ANALISIS KUAT MEDAN PADA
PENERIMAAN RADIO AM**

SKRIPSI

Oleh

TERESA LIANA

04 04 03 079 2



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

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA**

2008

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

ANALISIS KUAT MEDAN PADA PENERIMAAN RADIO AM

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

Depok, 11 Mei 2008

Teresa Liana

NPM 04 04 03 079 2

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

ANALISIS KUAT MEDAN PADA PENERIMAAN RADIO AM

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan untuk menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini telah memenuhi syarat/sah untuk diujikan pada Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 11 Mei 2008

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Dadang Gunawan, M.Eng

NIP. 131 475 421

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Prof. Dr. Ir. Dadang Gunawan, M.Eng

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi, dan bimbingan serta persetujuan, sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.



Teresa Liana NPM 04 04 03 079 2 Departemen Teknik Elektro	Dosen Pembimbing Prof. Dr. Ir. Dadang Gunawan, M.Eng
---	---

ANALISIS KUAT MEDAN PADA PENERIMAAN RADIO AM

ABSTRAK

Sistem pemancaran radio AM merupakan salah satu modulasi yang masih ada hingga saat ini. Jumlah stasiun radio yang menggunakan sistem pemancaran ini berangsur-angsur berkurang. Walaupun jumlah stasiun radio yang dimaksud berkurang, tidak berarti sistem pemancaran ini bersih dari interferensi. Interferensi gelombang ini terjadi karena penataan frekuensi tidak dilakukan secara benar. Untuk dapat melakukan penataan frekuensi secara benar, maka diperlukan analisis yang mendalam tentang propagasi gelombang yang digunakan pada sistem pemancaran radio AM.

Skripsi ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh kuat medan pada penerimaan sinyal radio AM. Pengaruh yang dimaksud ialah pengaruh konduktivitas tanah dan jarak antar penerima dan pemancar pada propagasi *ground wave*. Selain itu, pengaruh waktu dan aktivitas matahari pada propagasi *sky wave* juga dianalisis.

Pengumpulan dan perhitungan data dilakukan dengan menggunakan *software* ChirPlus. Analisis propagasi *ground wave* menggunakan teori bumi datar Sommerfeld-Norton dan model refleksi *plane-earth two-ray*. Analisis propagasi *sky wave* dengan menggunakan ITU-R Rec. P.435-7, ITU-R Rec. P.1147-1, *software* ITU-R untuk menghitung kuat medan propagasi *sky wave* pada gelombang menengah, dan dengan menghubungkan fenomena-fenomena yang terjadi pada saat propagasi dengan fenomena yang terjadi pada setiap lapisan ionosfer.

Dari hasil analisis dapat ditunjukkan bahwa pada propagasi *ground wave*, kuat medan berbanding terbalik dengan jarak dan berbanding lurus dengan konduktivitas tanah. Pada propagasi *sky wave*, kuat medan akan minimum pada siang hari dan maksimum pada malam hari dengan selisih antara keduanya adalah 29-30 dB μ V/m untuk jarak pemancar-penerima antara 20-60 km. Variasi kuat medan per bulan tiap tahun di Indonesia sangat kecil karena kondisi musim yang cenderung stabil. Selain itu, nilai sunspot tidak mempengaruhi propagasi *sky wave* di Indonesia.

Kata Kunci : AM, *ground wave*, *sky wave*, kuat medan, sunspot

Teresa Liana

Counsellor

NPM 04 04 03 079 2

Prof. Dr. Ir. Dadang Gunawan, M.Eng

Electrical Department Engineering

FIELD STRENGTH ANALYSIS ON AM RECEIVER

ABSTRACT

Broadcast system of AM radio uses analog modulation that is categorized as amplitude modulation. The broadcast system still exists until today although total radio stations which use this technique decreases gradually. Despite the number of radio stations lessens, it doesn't mean that the system is interference-free. Interference is happened because the frequency allocation isn't ordered well. To make frequency allocation structured, analysis about wave propagation used on the broadcast system is needed.

This paper is made to analyze field strength parameter on AM receiver. On ground wave propagation, parameters analyzed are ground conductivity and distance between transmitter and receiver. On sky wave propagation, time and solar activity are the parameters that are chosen to analyze.

Selection and computation samples are provided by ChirPlus software. To analyze ground wave propagation, Sommerfeld-Norton flat-earth theory and plane-earth two-ray reflection model are used. ITU-R Rec. P.435-7 and ITU-R Rec. P.1147-1, and software from ITU-R for predicting field strength on sky wave propagation are applied to analyze parameters that influence field strength on AM receiver. Phenomenon on ionosphere is used as an addition on the analysis of sky wave propagation.

Based on analysis on ground wave propagation, it is concluded that field strength is proportional to ground conductivity and is inversely proportional to distance. On sky wave propagation, field strength will reach minimum on day and will reach maximum on night. The difference between minimum and maximum field strength is 29-30 dB μ V/m for a 20-km until a 60-km distance. The diversity of monthly field strength in Indonesia is low because of the steady season condition. Another result of the analysis is sunspot number doesn't affect sky wave propagation in Indonesia.

Keywords : AM, ground wave, sky wave, field strength, sunspot

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERMASALAHAN	2
1.3 TUJUAN	3
1.4 BATASAN MASALAH	3
1.5 METODOLOGI ANALISIS	3
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II PROPAGASI GELOMBANG MENENGAH	5
2.1 GELOMBANG MENENGAH	5
2.2 KONDUKTIVITAS TANAH	5
2.3 <i>SUNSPOT</i>	5
2.4 NILAI <i>SUNSPOT</i>	6
2.5 PROPAGASI GELOMBANG MENENGAH	6
2.5.1 <i>Ground Wave</i>	7
2.5.2 <i>Sky Wave</i>	12
2.5.2.1 Lapisan D	13
2.5.2.2 Lapisan E	14
2.5.2.3 Lapisan F	14

BAB III PENGUMPULAN DAN PERHITUNGAN SAMPEL DATA	17
3.1 PROSES MEMILIH SAMPEL DATA	17
3.1.1 Pasangan Sampel Data untuk Konduktivitas Tanah Sama	17
3.1.2 Pasangan Sampel Data untuk Konduktivitas Tanah Berbeda	19
3.2 PROSES PERHITUNGAN pada propagasi <i>GROUND WAVE</i>	21
3.2.1 Konduktivitas Tanah Berbeda	21
3.3 PROSES PERHITUNGAN pada propagasi <i>SKY WAVE</i>	23
3.3.1 Jam Berbeda dan Bulan Sama	24
3.3.2 Jam Sama dan Bulan Berbeda	25
3.3.3 Jam dan Bulan Berbeda	26
BAB IV ANALISIS KUAT MEDAN PADA PENERIMAAN RADIO AM	31
4.1 ANALISIS PERHITUNGAN KUAT MEDAN PADA PROPAGASI <i>GROUND WAVE</i>	31
4.2 ANALISIS PERHITUNGAN KUAT MEDAN PADA PROPAGASI <i>SKY WAVE</i>	35
4.2.1 Jam Berbeda dan Bulan Sama	37
4.2.2 Jam Sama dan Bulan Berbeda	41
4.2.3 Jam dan Bulan Berbeda	44
BAB V KESIMPULAN	48
DAFTAR ACUAN	50
LAMPIRAN	52

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Macam-macam tipe propagasi	7
Gambar 2.2 <i>Direct Wave</i> dan <i>Ground-reflected wave</i>	8
Gambar 2.3 Bentuk geometris dari refleksi <i>plane-earth two-ray</i>	12
Gambar 2.4 <i>Sky Wave</i>	13
Gambar 2.5 Lapisan-lapisan ionosfer pada siang dan malam hari	15
Gambar 2.6 Grafik ketinggian lapisan ionosfer terhadap waktu	15
Gambar 3.1 Parameter dari sampel data untuk stasiun transmisi	19
(a) Bogor	19
(b) Tasikmalaya dan	19
(c) pemetaan dari Bogor dan Tasikmalaya	19
Gambar 3.2 Parameter dari sampel data untuk stasiun transmisi	21
(a) Bukit Tinggi	21
(b) Ujung Tanjung dan	21
(c) pemetaan dari Bukit Tinggi dan Ujung Tanjung	21
Gambar 3.3 Pemetaan pasangan stasiun transmisi Bukit Tinggi dan Ujung Tanjung dan titik-titik ujinya	22
Gambar 3.4 Pemetaan pasangan stasiun transmisi Bogor dan Tasikmalaya dan titik-titik ujinya	25
Gambar 4.1 Grafik Kuat Medan terhadap Jarak pada Propagasi <i>Ground Wave</i>	33
Gambar 4.2 Grafik Kuat Medan Stasiun Bogor pada Bulan Agustus 2007	37
Gambar 4.3 Grafik Kuat Medan Stasiun Tasikmalaya pada Bulan Agustus 2007	38
Gambar 4.4 Grafik Kuat Medan Stasiun Bogor pada Agustus 2007	39
Gambar 4.5 Grafik Kuat Medan Stasiun Tasikmalaya pada Agustus 2007	40
Gambar 4.6 Grafik Kuat Medan Stasiun Bogor terhadap Bulan	42
Gambar 4.7 Grafik Kuat Medan Stasiun Tasikmalaya terhadap Bulan	42
Gambar 4.8 Grafik Kuat Medan Pemancar Bogor pada d1	45
Gambar 4.9 Grafik Kuat Medan Pemancar Tasikmalaya pada d4	45

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Data Stasiun Transmisi dengan Konduktivitas Tanah Sama	17
Tabel 3.2 Data Stasiun Transmisi dengan Konduktivitas Tanah Berbeda	19
Tabel 3.3 Hasil Perhitungan Kuat Medan pada Propagasi <i>Ground Wave</i>	22
Tabel 3.4 Nilai <i>Sunspot</i> pada Tahun 2007	23
Tabel 3.5 Hasil Perhitungan Kuat Medan Pada Propagasi <i>Sky Wave</i> dengan Jam Berbeda dan Bulan Sama	24
Tabel 3.6 Hasil Perhitungan Kuat Medan Pada Propagasi <i>Sky Wave</i> dengan Jam Sama dan Bulan Berbeda	26
Tabel 3.7 Hasil Perhitungan Kuat Medan Pada Propagasi <i>Sky Wave</i> dengan Jam dan Bulan Berbeda	27
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan s_1 dan s_2 pada Model Refleksi <i>Plane-Earth Two-Ray</i>	31
Tabel 4.2 Perbandingan Hasil Perhitungan dengan ChirPlus dan Manual	32
Tabel 4.3 Nilai Kuat Medan Komponen Vertikal	35
Tabel 4.4 Selisih Nilai Kuat Medan Maksimum dan Minimum	43

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
L1. HOURLOSS.C	52
L2. LOSSFACT.C	55



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Komunikasi dengan menggunakan radio adalah salah satu cara bertukar informasi yang cukup banyak dimanfaatkan. Salah satu teknologi dari radio yang berkembang cukup pesat di Indonesia pada umumnya dan Jakarta pada khususnya adalah penyiaran radio.

Perkembangan penyiaran radio ini dimulai dari zaman kemerdekaan Republik Indonesia pada tahun 1945. Pada saat itu, penyiaran radio digunakan untuk terus mengumandangkan kemerdekaan agar dapat meluas secara cepat di seluruh seantero Indonesia. Stasiun radio yang pertama kali terbentuk di Indonesia adalah RRI (Radio Republik Indonesia). RRI ini menjadi radio tunggal sampai pemerintahan Orde Lama berakhir. Setelah itu, radio-radio amatir dari rakyat mulai terbentuk. Sistem pemancaran yang digunakan pertama kali di Indonesia ialah modulasi amplitudo (AM). Kemudian pada tahun 1975, sistem pemancaran FM mulai masuk ke Indonesia. Perkembangan penyiaran radio ini begitu pesat sehingga saat ini sudah terdapat 2000 stasiun radio yang mempunyai ijin siar dan sekitar 483 di antaranya adalah stasiun radio dengan sistem pemancaran AM [1] [2].

Keunggulan teknologi penyiaran radio dibandingkan dengan teknologi komunikasi lain, seperti televisi dan telepon selular adalah harganya yang relatif murah dan terjangkau oleh hampir seluruh lapisan masyarakat. Bahkan telepon selular pun sudah dapat digunakan sebagai perangkat penerima penyiaran radio. Hal ini membuktikan bahwa perangkat radio berperan cukup penting dalam kehidupan sehari-hari.

Dengan ada banyaknya jumlah stasiun radio resmi di Indonesia, maka timbulah suatu permasalahan. Rentang frekuensi yang dapat digunakan untuk penyiaran radio tidaklah bertambah atau tetap. Akibatnya, semua stasiun radio

tersebut harus ditata kembali frekuensinya agar tidak saling mengganggu dan mempunyai kualitas yang baik bagi pendengarnya.

AM sebagai sistem pemancaran pertama di Indonesia terletak pada slot frekuensi 526,5 – 1606,5 kHz. ITU sebagai lembaga telekomunikasi internasional telah menentukan pembagian slot frekuensi yang ada untuk berbagai macam keperluan. Salah satunya adalah untuk keperluan penyiaran. Pembagian frekuensi dari ITU untuk keperluan penyiaran adalah sebagai berikut [1]:

- 526,5 kHz – 1606,5 kHz untuk penyiaran radio AM gelombang menengah (*medium wave*)
- 88 MHz – 108 MHz untuk penyiaran radio FM
- 2300 kHz – 26100 kHz untuk penyiaran radio AM gelombang pendek (*short wave*)

Penyiaran radio AM yang pada umumnya kita ketahui adalah yang menggunakan gelombang menengah. Propagasi gelombang menengah sangatlah unik karena berbeda pada siang dan malam hari. Perbedaannya terletak pada area jangkauan propagasi gelombangnya. Pada malam hari, propagasi gelombang menengah ini dapat melewati lautan dan daratan yang luas sedangkan pada siang hari propagasinya hanya sekitar stasiun pemancarnya saja.

1.2 PERMASALAHAN

Untuk keperluan penyiaran radio AM gelombang menengah, ITU telah menyediakan rentang frekuensi dari 526,5 kHz – 1606,5 kHz. Rentang frekuensi ini harus dimaksimalkan sehingga semua stasiun radio yang ada tidak saling mengganggu propagasi gelombang dan apabila ada stasiun radio yang baru, maka slot frekuensi sudah tersedia dengan mudah.

Dengan banyaknya jumlah stasiun radio sekarang ini, maka penataan frekuensi merupakan hal yang sangat penting dalam menentukan kualitas penerimaan sinyal. Akibat belum optimalnya analisis mengenai propagasi gelombang menengah, maka penataan frekuensi menjadi kacau. Untuk dapat melakukan penataan frekuensi yang benar, maka diperlukan analisis yang tepat tentang propagasi gelombang. Analisis tentang propagasi gelombang menengah diperlukan, terutama tentang parameter-parameter yang mempengaruhi propagasi.

1.3 TUJUAN

Tujuan dari pembuatan skripsi ini adalah untuk menganalisa pengaruh kuat medan pada penerimaan sinyal radio AM. Pengaruh yang dimaksud ialah pengaruh konduktivitas tanah pada propagasi *ground wave*. Selain itu, pengaruh waktu dan aktivitas matahari pada propagasi *sky wave* juga akan dianalisis di skripsi ini.

1.4 BATASAN MASALAH

Masalah yang dibahas pada skripsi ini berfokus pada sifat-sifat gelombang menengah terhadap kuat medan pada penerimaan sinyal radio AM. Kuat medan akan dianalisa berdasarkan pengaruh konduktivitas tanah untuk propagasi *ground wave* dan pengaruh waktu dan aktivitas matahari untuk propagasi *sky wave*.

1.5 METODOLOGI ANALISIS

Analisis tentang kuat medan ini dimulai dengan memilih sampel dari data yang tersedia. Sampel data yang dipilih terdiri dari dua pasang sampel data. Pasangan sampel data pertama adalah dua stasiun transmisi yang memiliki frekuensi sama dan konduktivitas tanah sama. Pasangan sampel data kedua adalah dua stasiun transmisi yang memiliki frekuensi sama dan konduktivitas tanah berbeda. Alasan pemilihan sampel data secara pasangan ini adalah untuk mempermudah dalam membandingkan kuat medan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Sampel data yang dipilih terdiri dari dua pasang agar dapat dipilih sesuai kebutuhan dalam membuat perhitungan-perhitungan yang diperlukan.

Langkah berikut yang harus dilakukan ialah pengumpulan dan perhitungan sampel data. Untuk propagasi *ground wave*, kuat medan dianalisa terhadap konduktivitas tanah dan jarak. Pada propagasi *sky wave*, kuat medan dianalisa terhadap waktu dan aktivitas matahari. Aktivitas matahari yang dipilih adalah *sunspot* karena termasuk salah satu parameter yang dapat di-*input* sesuai yang dibutuhkan. Pengumpulan dan perhitungan sampel data ini dilakukan dengan menggunakan *software* ChirPlus BC.

Selanjutnya, dilakukan analisis dari hasil pengumpulan dan perhitungan sampel data sesuai dengan teori-teori dan fenomena-fenomena alam yang berlaku. Analisis dilakukan berdasarkan tipe propagasi, yaitu *ground wave* dan *sky wave*. Setelah analisis untuk setiap perhitungan selesai dilakukan, maka dibuat kesimpulan.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Penulisan skripsi ini dibagi dalam lima bab, yang terdiri dari :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini terdiri dari latar belakang adanya masalah, perumusan masalah, tujuan penyusunan skripsi, batasan-batasan pada masalah yang dibahas, metodologi analisis yang menjelaskan tentang langkah-langkah yang dilakukan, dan sistematika penulisan.

BAB II PROPAGASI GELOMBANG MENENGAH

Bab ini menjelaskan tentang pengertian gelombang menengah, konduktivitas tanah, *sunspot*, nilai *sunspot*, dan propagasi yang terjadi pada gelombang menengah yaitu *ground wave* dan *sky wave*.

BAB III PENGUMPULAN DAN PERHITUNGAN DATA

Bab ini memaparkan sampel data yang telah dipilih, lalu digunakan dalam perhitungan dengan menggunakan *software* ChirPlus BC. Hasil perhitungan dari setiap tipe propagasi juga dijelaskan pada bab ini.

BAB IV ANALISIS KUAT MEDAN PADA PENERIMAAN RADIO AM

Bab ini menjelaskan tentang analisis dari hasil perhitungan pada bab III berdasarkan teori, model, dan fenomena alam yang berlaku. Setiap analisis dilakukan berdasarkan tipe propagasi.

BAB V KESIMPULAN

Bab ini memaparkan kesimpulan pada skripsi ini.

BAB II

PROPAGASI GELOMBANG MENENGAH

2.1 GELOMBANG MENENGAH

Berdasarkan spektrum frekuensi radio, pita frekuensi menengah adalah gelombang dengan rentang frekuensi yang terletak antara 300 kHz sampai 3 MHz [3]. Gelombang menengah merupakan bagian dari pita frekuensi menengah karena mempunyai rentang frekuensi dari 531 hingga 1620 kHz. Pita frekuensi ini dialokasikan untuk keperluan penyiaran radio AM.

Saat ini, telah berkembang penelitian tentang penyiaran AM secara digital yang dikenal dengan nama DRM (*Digital Radio Mondiale*). Frekuensi yang digunakan oleh DRM sama dengan frekuensi AM analog. Namun, DRM memiliki kualitas yang lebih baik dan dapat dikatakan hampir menyamai kualitas penyiaran daerah propagasi FM.

2.2 KONDUKTIVITAS TANAH

Konduktivitas tanah adalah suatu ukuran yang menyatakan keefektifan tanah dalam menghantarkan listrik. Konduktivitas tanah pada umumnya digunakan untuk mengukur redaman pada gelombang radio. Satuan dari konduktivitas tanah adalah mS/m. Semakin besar nilai konduktivitas suatu tanah, maka tanah tersebut semakin baik dalam menghantarkan listrik.

Di Indonesia, ada dua nilai konduktivitas tanah, yaitu 15 mS/m dan 3 mS/m [4]. Daerah yang nilai konduktivitas tanahnya 15 mS/m adalah sebagian Pulau Sumatera, Pulau Jawa, sebagian Pulau Kalimantan, dan sebagian pulau Papua. Sedangkan daerah sisanya adalah daerah dengan nilai konduktivitas tanah 3 mS/m.

2.3 SUNSPOT

Sunspot adalah salah satu aktivitas yang terjadi pada matahari. *Sunspot* terlihat di permukaan matahari dengan bentuk lingkaran berwarna gelap (*umbra*) yang dikelilingi oleh area yang lebih terang (*penumbra*). Walaupun *sunspot*

terlihat sangat gelap, suhunya sangatlah tinggi yaitu sekitar 4000 hingga 5000 K [5].

Sunspot bukan merupakan suatu aktivitas matahari yang tetap. *Sunspot* pada matahari dapat hilang. *Sunspot* dengan diameter ribuan kilometer muncul hanya selama kurang dari sehari. Sedangkan, *sunspot* yang luas dengan diameter puluhan ribu kilometer dapat eksis sampai berbulan-bulan. Jumlah dari *sunspot* terus bervariasi.

2.4 NILAI SUNSPOT

Nilai *sunspot* adalah suatu indikator yang menyatakan aktivitas matahari. Nilai *sunspot* berbeda-beda terus setiap hari walaupun perbedaan tersebut tidak terlalu signifikan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai *sunspot* relatif adalah seperti pada persamaan (2.1) berikut ini [5]:

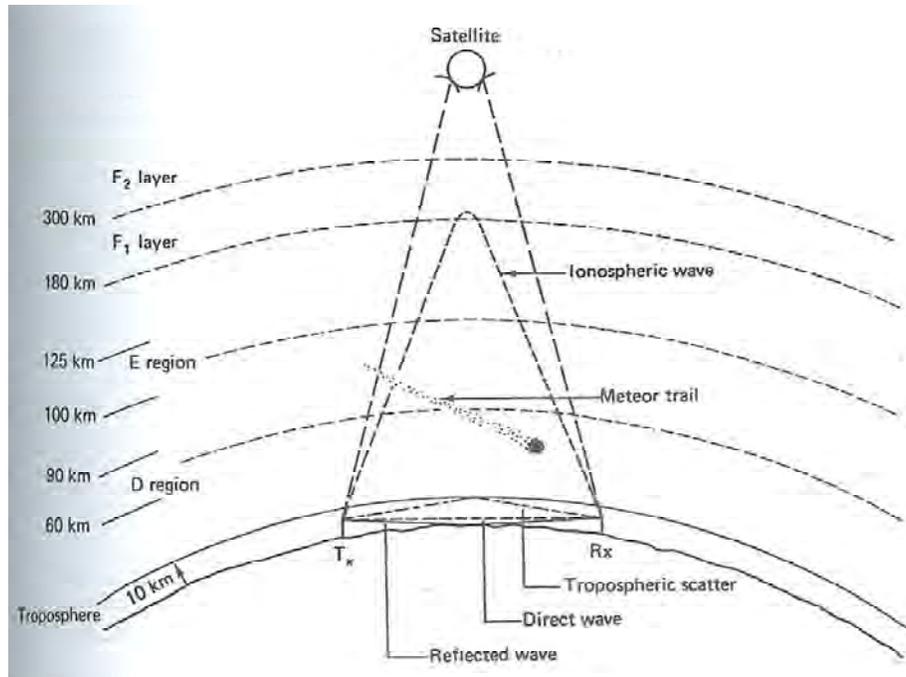
$$R = k(10g + f) \quad \dots \quad (2.1)$$

di mana R adalah nilai *sunspot* relatif, f adalah jumlah dari spot satuan, g adalah jumlah dari kumpulan *spot*, dan k adalah suatu konstanta yang tergantung dari instrumen yang digunakan.

Nilai *sunspot* sangat mempengaruhi propagasi *sky wave* sehingga nilai *sunspot* ini diamati dan dihitung oleh berbagai lembaga. Salah satu lembaga yang menyimpan hasil perhitungannya adalah ITU. Nilai *sunspot* yang disimpan oleh ITU bersifat bulanan.

2.5 PROPAGASI GELOMBANG MENENGAH

Propagasi gelombang menengah termasuk unik karena berbeda pada siang hari dan malam hari. Pada siang hari, propagasi gelombang menengah berupa *ground wave* dan pada malam hari, propagasi gelombang menengah berupa kombinasi *ground wave* dan *sky wave*. Penggambaran dari propagasi ini dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Macam-macam tipe propagasi [6]

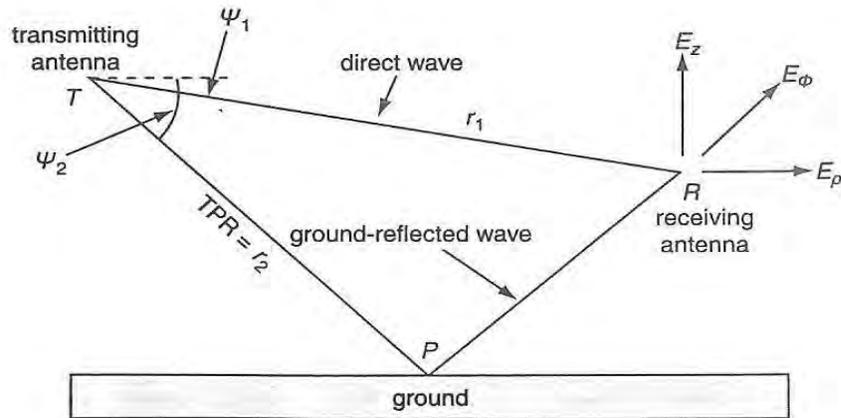
Garis lengkung terbawah pada Gambar 2.1 dianggap sebagai permukaan bumi. Garis-garis lengkung di atasnya menggambarkan lapisan-lapisan pada atmosfer bumi. Lapisan yang paling dekat dengan permukaan bumi adalah *troposphere* yang jaraknya sekitar 10 km dari permukaan bumi. Pada lapisan inilah terjadi tiga macam tipe propagasi, yaitu *reflected wave*, *direct wave*, dan *tropospheric scatter*.

Seperti terlihat juga pada Gambar 2.1, ada empat lapisan di atas *troposphere*. Lapisan D, E, F1, dan F2. Setiap lapisan memiliki spesifikasi dan sifat masing-masing. Lapisan ionosfer terletak di sekitar ketinggian 180 km dari permukaan bumi atau termasuk lapisan F1. Gelombang dari Tx dipantulkan oleh lapisan F1 dan disebut *ionospheric wave*. Propagasi ini disebut juga *sky wave*.

2.5.1 *Ground Wave*

Apabila suatu antena transmisi yang terletak pada suatu ketinggian tertentu memancarkan sinyal dengan frekuensi gelombang menengah, maka ada dua macam tipe propagasi yang terjadi, yaitu *direct wave* dan *ground-reflected wave*. Seperti terlihat pada Gambar 2.2, *direct wave* adalah propagasi gelombang yang

langsung diterima oleh antenna penerima tanpa terhalang hambatan apapun. Sedangkan, *ground-reflected wave* adalah propagasi gelombang yang dipantulkan terlebih dahulu oleh tanah dan diterima oleh antenna penerima. Gambar 2.2 juga menggambarkan bahwa indikator yang membedakan hasil dari tipe propagasinya adalah besarnya sudut depresi atau elevasi (ψ).



Gambar 2.2 *Direct Wave* dan *Ground-reflected wave* [7]

Bila suatu antenna transmisi dengan tinggi tertentu memancarkan gelombang seperti pada Gambar 2.2, maka nilai tegangan induksi dapat dicari dengan persamaan (2.2) berikut [7] :

$$V = QI \left\{ Q_1 \frac{\exp(-jkr_1)}{r_1} + Q_2 R \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} \right\} \dots \quad (2.2)$$

Pada persamaan (2.2), V adalah tegangan induksi, R adalah koefisien refleksi, I adalah arus pada antenna transmisi, Q adalah konstanta, Q_1 dan Q_2 adalah diagram polar dari antenna transmisi dan penerima secara berurutan.

Untuk antenna transmisi yang memancarkan gelombang dengan pita frekuensi di bawah 30 MHz, maka ada suatu antenna lain yang perlu dipertimbangkan sehingga persamaannya menjadi seperti pada persamaan (2.3) berikut [7]:

$$V = QI \left\{ Q_1 \frac{\exp(-jkr_1)}{r_1} + Q_2 R \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} + S \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} \right\} \dots \quad (2.3)$$

Faktor S pada persamaan (2.3) merupakan faktor lain yang perlu dipertimbangkan dan biasanya berupa keadaan tanah, polarisasi antena transmisi, frekuensi, dan lokasi dari terminal.

Ground wave adalah superposisi dari *space wave* dan *surface wave*. *Surface wave* adalah gelombang yang merambat dengan mengikuti kontur permukaan tanah. Sedangkan, *space wave* adalah kombinasi dari *direct wave* dan *ground-reflected wave*.

Bila tinggi antena transmisi dan antena penerima bernilai nol, maka *ground wave* akan sama dengan *surface wave*. Hal ini terjadi karena nilai koefisien refleksi adalah -1. Koefisien refleksi akan bernilai -1 karena *direct wave* dan *ground-reflected wave* akan saling berkebalikan dan saling meniadakan. Kondisi kedua yang berlaku pada kondisi ini ialah sudut depresi dari *direct wave* dan *ground-reflected wave* adalah nol. Karena kedua syarat tersebut, maka *ground wave* dapat dikatakan sama dengan *surface wave* bila antena transmisi dan antena penerima diletakkan sama tinggi dengan permukaan tanah.

Untuk menghitung nilai kuat medan dari antena transmisi yang memancarkan gelombang, digunakan teori bumi datar Sommerfeld-Norton yang persamaannya seperti pada persamaan (2.4) dan (2.5) berikut ini [7]:

$$E_z = j30kIdl \left[\left\{ \cos^2 \psi_1 \frac{\exp(-jkr_1)}{r_1} + \cos^2 \psi_2 R_v \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} \right\} + \left\{ (1 - R_v)(1 - u^2 + u^4 \cos^2 \psi_2) F \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} \right\} \right] \dots \quad (2.4)$$

$$E_\rho = -j30kIdl \left[\sin \psi_1 \cos \psi_1 \frac{\exp(-jkr_1)}{r_1} + \sin \psi_2 \cos \psi_2 R_v \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} - \cos \psi_2 (1 - R_v) \right] \dots \quad (2.5)$$

$$\left[u \sqrt{(1 - u^2 \cos^2 \psi_2)} \left\{ 1 - \frac{u^2}{2} (1 - u^2 \cos^2 \psi_2) + \frac{\sin^2 \psi_2}{2} \right\} F \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} \right]$$

Keterangan pada persamaan (2.4) dan (2.5) adalah sebagai berikut. Sudut ψ_1 dan ψ_2 adalah sudut elevasi atau depresi (lihat Gambar 2.2), k adalah nomor gelombang radio yang bernilai $2\pi/\lambda$, Idl adalah produk dari arus sumber dan panjang dari momen dipole yang bernilai $5\lambda/2\pi$, R_v adalah koefisien refleksi Fresnel untuk polarisasi vertikal, dan F adalah fungsi atenuasi yang tergantung dari tipe tanah dan panjang *path*. F diberikan dengan persamaan (2.6) berikut [7]:

$$F = [1 - j\sqrt{(\pi w)} \exp(-w) \{erfc(j\sqrt{w})\}] \quad \dots \quad (2.6)$$

di mana *erfc* adalah fungsi error komplemen dan

$$w = \frac{-j2kru^2(1-u^2 \cos^2 \psi_2)}{(1-R_v)} \quad \dots \quad (2.7)$$

$$u^2 = \frac{1}{(\varepsilon - jx)} \quad \dots \quad (2.8)$$

di mana

$$x = \frac{\sigma}{(\omega \varepsilon_0)} = 1.8 \times 10^4 \frac{\sigma}{f_{MHz}} \quad \dots \quad (2.9)$$

Pada persamaan (2.9), σ adalah konduktivitas tanah dengan satuan S/m, $\varepsilon_r = \varepsilon / \varepsilon_0$ adalah permitivitas relatif tanah, dan f_{MHz} adalah frekuensi dalam MHz.

Persamaan (2.4) dan (2.5) merepresentasikan komponen medan pada arah vertikal dan radial dari antenna transmisi pada sistem koordinat silindris.

Untuk kondisi tinggi antenna transmisi dan antenna penerima bernilai nol, berlaku $R_v = -1$ dan $\psi_1 = \psi_2 = 0$. Oleh karena itu teori bumi datar Sommerfeld-Norton untuk komponen medan arah vertikal dapat diturunkan dari persamaan (2.4) sebagai berikut [7]:

$$E_z = j30kIdl \left[\begin{array}{l} \left\{ \cos^2 \psi_1 \frac{\exp(-jkr_1)}{r_1} + \cos^2 \psi_2 R_v \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} \right\} + \\ \left\{ (1-R_v)(1-u^2 + u^4 \cos^2 \psi_2) F \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} \right\} \end{array} \right]$$

Dengan memasukkan $R_v = -1$ dan $\psi_1 = \psi_2 = 0$ ke dalam persamaan (2.4), didapatkan seperti pada persamaan (2.10) berikut ini.

$$E_z = j30kIdl \left[\begin{array}{l} \left\{ \cos^2 0 \frac{\exp(-jkr_1)}{r_1} + \cos^2 0 \cdot -1 \cdot \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} \right\} + \\ \left\{ (1-(-1))(1-u^2 + u^4 \cos^2 0) F \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} \right\} \end{array} \right] \quad \dots \quad (2.10)$$

$$E_z = j30kIdl \left[\left\{ \frac{\exp(-jkr_1)}{r_1} - \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} \right\} + \left\{ 2(1-u^2 + u^4) F \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} \right\} \right]$$

Karena pada kondisi tinggi antena penerima dan transmisi bernilai nol, maka nilai r_1 sama dengan r_2 . Akibatnya persamaan (2.10) menjadi seperti persamaan (2.11) berikut ini.

$$E_z = j60kIdl(1-u^2+u^4)F \frac{\exp(-jkr)}{r} \quad \dots \quad (2.11)$$

Sedangkan, penurunan rumus teori bumi datar Sommerfeld-Norton untuk komponen medan arah radial dari persamaan (2.5) dengan kondisi $R_v = -1$ dan $\psi_1 = \psi_2 = 0$ adalah seperti berikut ini.

$$E_\rho = -j30kIdl \left[\begin{array}{l} \sin \psi_1 \cos \psi_1 \frac{\exp(-jkr_1)}{r_1} + \sin \psi_2 \cos \psi_2 R_v \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} - \cos \psi_2 (1 - R_v) \\ u\sqrt{(1-u^2 \cos^2 \psi_2)} \left\{ 1 - \frac{u^2}{2} (1-u^2 \cos^2 \psi_2) + \frac{\sin^2 \psi_2}{2} \right\} F \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} \end{array} \right]$$

Dengan memasukkan $R_v = -1$ dan $\psi_1 = \psi_2 = 0$ ke dalam persamaan (2.5), didapatkan seperti pada persamaan (2.12) berikut ini.

$$E_\rho = -j30kIdl \left[\begin{array}{l} \sin 0 \cos 0 \frac{\exp(-jkr_1)}{r_1} + \sin 0 \cos 0 (-1) \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} - \cos 0 (1 - (-1)) \\ u\sqrt{(1-u^2 \cos^2 0)} \left\{ 1 - \frac{u^2}{2} (1-u^2 \cos^2 0) + \frac{\sin^2 0}{2} \right\} F \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} \end{array} \right]$$

$$E_\rho = -j30kIdl \left[0(1) \frac{\exp(-jkr_1)}{r_1} + 0(1)(-1) \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} - 2u\sqrt{(1-u^2)} \left\{ 1 - \frac{u^2}{2} (1-u^2) + \frac{0}{2} \right\} F \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} \right]$$

$$E_\rho = -j30kIdl \left[2u\sqrt{(1-u^2)} \left\{ 1 - \frac{u^2}{2} - \frac{u^4}{2} \right\} F \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} \right] \quad \dots \quad (2.12)$$

Karena besar $r_1 = r_2 = r$ pada kondisi tinggi antena transmisi dan penerima adalah bernilai nol, maka persamaan (2.12) menjadi seperti pada persamaan (2.13) berikut ini.

$$E_\rho = -j30kIdl \left[u\sqrt{(1-u^2)} \left\{ 2 - u^2 - u^4 \right\} F \frac{\exp(-jkr)}{r} \right] \quad \dots \quad (2.13)$$

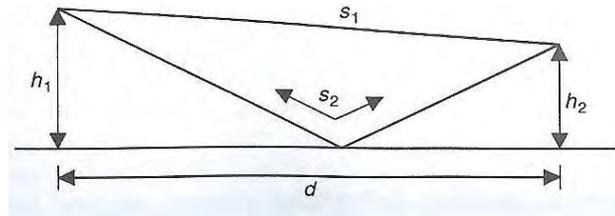
Pada kondisi $R_v = -1$, $\psi_1 = \psi_2 = 0$, dan $r_1 = r_2 = r$, persamaan (2.7), dapat diturunkan seperti berikut ini dan menjadi persamaan (2.14) berikut.

$$w = \frac{-j2kru^2(1-u^2 \cos^2 0)}{(1-(-1))}$$

$$w = \frac{-j2kru^2(1-u^2)}{2}$$

$$w = -jkr u^2(1-u^2) \quad \dots \quad (2.14)$$

Model pemancaran gelombang seperti pada Gambar 2.2 dikenal juga dengan istilah model refleksi *plane-earth two-ray*.



Gambar 2.3 Bentuk geometris dari refleksi *plane-earth two-ray* [7]

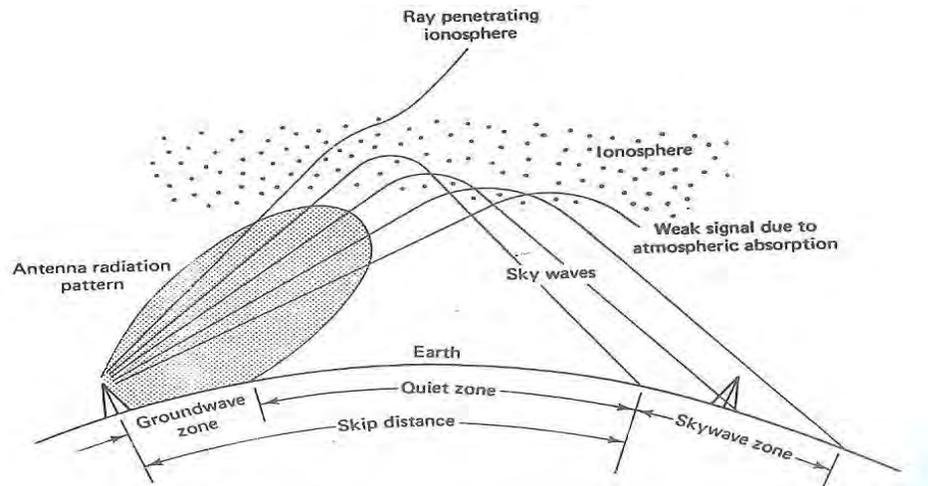
Berdasarkan Gambar 2.3, dapat dilihat bahwa ada dua titik berjarak d dengan masing-masing titik mempunyai tinggi h_1 dan h_2 dari permukaan tanah. Apabila di titik yang mempunyai tinggi h_1 diletakkan antena transmisi dan di titik yang mempunyai tinggi h_2 diletakkan antena penerima, maka akan ada dua gelombang yang berpropagasi. Gelombang yang langsung diterima oleh antena penerima secara langsung dan gelombang yang dipantulkan terlebih dahulu oleh tanah kemudian diterima oleh antena penerima. Gelombang yang langsung diterima mempunyai jarak lintasan s_1 dan gelombang yang dipantulkan oleh tanah terlebih dahulu mempunyai jarak lintasan s_2 . Panjang lintasan gelombang s_1 dan s_2 dapat dicari dengan menggunakan rumus Pythagoras dan didapatkan persamaan (2.15) dan (2.16) sebagai berikut ini [7]:

$$s_1 = \sqrt{d^2 + (h_1 - h_2)^2} \quad \dots \quad (2.15)$$

$$s_2 = \sqrt{d^2 + (h_1 + h_2)^2} \quad \dots \quad (2.16)$$

2.5.2 Sky Wave

Gelombang dapat pula berpropagasi sampai ke ionosfer lalu dipantulkan hingga ke permukaan bumi. Gelombang yang berpropagasi dengan cara ini disebut dengan *sky wave*.



Gambar 2.4 Sky Wave [6]

Gambar 2.4 menggambarkan proses propagasinya *sky wave*. Dari antenna transmisi yang mempunyai pola radiasi tertentu, ada beberapa gelombang yang berpropagasi jauh ke luar angkasa sampai mencapai lapisan ionosfer dan dipantulkan kembali ke permukaan bumi. Tidak semua gelombang yang dipancarkan dipantulkan oleh ionosfer. Ada sebagian yang dibiarkan ke lapisan atmosfer yang lebih tinggi lagi. Pantulan gelombang dari ionosfer tidak diterima di satu titik di permukaan bumi. Hal ini terjadi karena variasi sudut elevasi dari pemancaran gelombang pada antenna transmisi. Semakin besar sudut elevasi gelombang, maka semakin dekat jarak daerah yang menerima pantulan ionosfer dari antenna pemancar. Agar pantulan gelombang dapat diterima di area yang diinginkan, maka sudut elevasi antenna transmisi harus disesuaikan.

Ionosfer terdiri dari beberapa lapisan plasma yang terionisasi dan terjebak pada medan magnet bumi. Tinggi lapisan-lapisan ionosfer adalah berkisar di antara 50 sampai 2000 km dari permukaan bumi. Pembagian lapisan-lapisan ionosfer berdasarkan ketinggian adalah sebagai berikut [3][5]:

2.5.2.1 Lapisan D

Lapisan D terletak pada ketinggian 45-55 mil atau sekitar 72-89 km dari permukaan bumi. Pada lapisan ini, ionisasi adalah penyebab utama terjadinya absorpsi energi gelombang. Konsentrasi elektron-elektron pada lapisan ini dapat menunjukkan variasi yang terjadi secara harian. Misalnya lapisan ini akan

bertambah kerapatannya menjadi sekitar 10^8 sampai 10^9 elektron/ m^3 saat sekitar tengah hari. Jumlah kerapatan elektron ini akan menurun drastis pada malam hari. Musim juga mempengaruhi kerapatan elektron pada lapisan ini. Lapisan D akan mencapai kerapatan maksimum pada saat musim panas dan pada musim dingin kerapatan elektron akan menurun.

2.5.2.2 Lapisan E

Lapisan E terletak pada ketinggian 65-75 mil atau sekitar 104-121 km dari permukaan bumi. Lapisan E dapat dikategorikan menjadi dua lapisan yang lebih tipis, yaitu lapisan E yang normal dan lapisan E sporadic (lapisan Es).

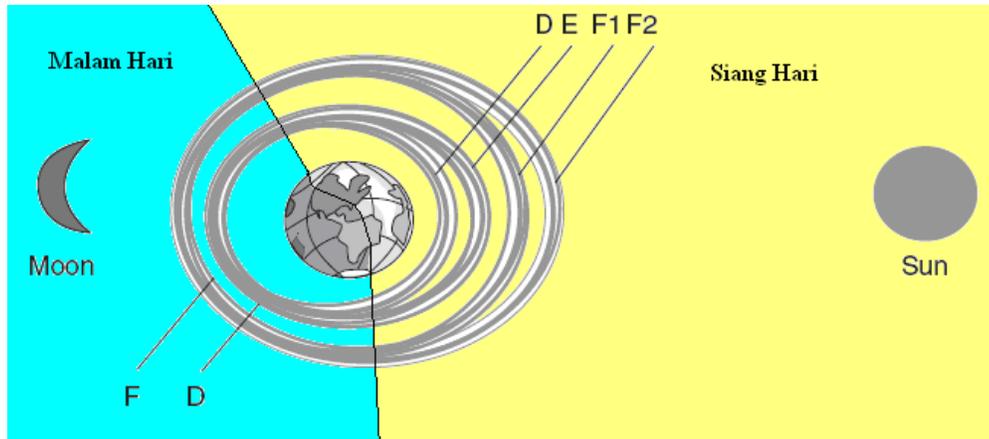
Lapisan E yang normal adalah lapisan biasa yang konsentrasinya sangat tergantung pada jarak ke puncak matahari dan aktivitas matahari. Konsentrasi elektron tertinggi untuk lapisan E normal adalah pada saat sekitar tengah hari dan terutama pada musim panas.

Lapisan Es adalah lapisan yang menyelimuti lapisan E yang normal. Hanya sebagian kecil dari lapisan Es ini yang dipengaruhi secara langsung oleh radiasi yang diemisikan oleh matahari.

2.5.2.3 Lapisan F

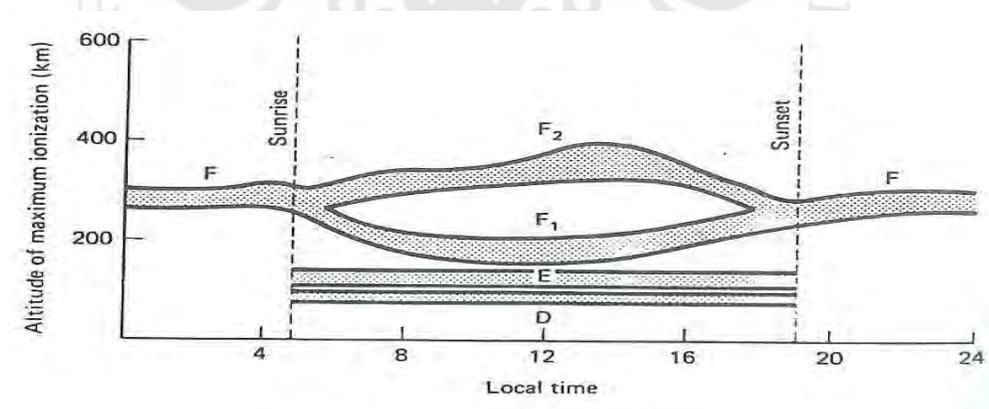
Lapisan F berada pada ketinggian kurang lebih 150 km dari permukaan bumi. Lapisan ini terkadang dibagi menjadi 2 lapisan, yaitu F1 dan F2. Perbedaan antara kedua lapisan ini tidak ada pada malam hari. Lapisan F1 mempunyai ketinggian 90-120 mil atau sekitar 144-193 km dari permukaan bumi sedangkan lapisan F2 berada pada ketinggian 200 mil atau sekitar 322 km di atas permukaan bumi.

Konsentrasi elektron maksimum pada lapisan F1 adalah sekitar 2×10^{11} elektron/ m^3 . Lapisan F2 merupakan lapisan yang paling reflektif. Konsentrasi elektron pada lapisan F2 bervariasi antara 5×10^{11} elektron/ m^3 pada malam hari dan 20×10^{11} pada saat siang hari. Konsentrasi elektron pada lapisan 2 sangat dipengaruhi oleh angin yang netral, difusi, dan efek dinamis yang lain. Namun, faktor yang paling mempengaruhi lapisan F adalah aktivitas matahari.



Gambar 2.5 Lapisan-lapisan ionosfer pada siang dan malam hari [3]

Berdasarkan Gambar 2.5, dapat dilihat perbedaan lapisan-lapisan ionosfer yang mengelilingi bumi pada siang dan malam hari. Pada siang hari, ada empat lapisan ionosfer yang ada yaitu lapisan D, E, F1, dan F2. Sedangkan, pada malam hari lapisan D dan E akan menghilang atau berkurang dan lapisan F1 dan F2 akan berkombinasi.



Gambar 2.6 Grafik ketinggian lapisan ionosfer terhadap waktu [6]

Gambar 2.6 dapat memperlihatkan waktu terjadinya pengurangan lapisan D dan E dan penggabungan lapisan F1 dan F2. Penunjuk waktu terjadinya kedua peristiwa itu adalah saat matahari terbit dan matahari terbenam. Pada saat matahari terbit, lapisan D dan E yang tadinya menghilang atau berkurang muncul kembali dan lapisan F1 dan F2 yang tadinya bergabung menjadi terpisah.

Sedangkan, pada saat matahari terbenam, lapisan D dan E akan menghilang atau berkurang dan lapisan F1 dan F2 akan bergabung menjadi satu lapisan.

Lapisan D dapat menyerap dan meredam frekuensi radio yang terletak antara 300 kHz sampai 4 MHz. Frekuensi di bawah 300 kHz akan dibengkokkan atau dibiaskan oleh lapisan D. Untuk frekuensi di atas 4 MHz, lapisan D akan melewatkan gelombang tersebut.

Sebenarnya pada siang hari pun *sky wave* tetap berpropagasi. Namun, energi dari gelombang tersebut diserap oleh lapisan D dan E. Akibatnya, *sky wave* tidak pernah mencapai ionosfer pada siang hari sehingga tidak ada pantulan gelombang ke permukaan bumi. Pada malam hari, lapisan D dan E menghilang dan lapisan F1 dan F2 bergabung menjadi lapisan F. Tidak ada lagi lapisan yang akan menyerap energi gelombang pada malam hari. Hasilnya *sky wave* akan dapat mencapai ionosfer dan dipantulkan ke permukaan bumi.

Lapisan-lapisan atmosfer ini bersifat diskontinu, mempunyai kerapatan dan ketinggian yang berbeda-beda. Lapisan ini berpindah-pindah terus dan dapat menghilang atau muncul lagi tergantung dari waktu, musim, dan aktivitas matahari. Oleh karena itu, propagasi gelombang ini tidak dapat dikontrol dan diprediksikan karena tergantung dari keadaan lapisan-lapisan atmosfer.

BAB III

PENGUMPULAN DAN PERHITUNGAN

SAMPEL DATA

3.1 PROSES MEMILIH SAMPEL DATA

Seperti telah disebutkan pada Bab I sub-bab metodologi analisis, langkah pertama yang dilakukan adalah pemilihan sampel data. Sampel data yang dipilih adalah dua pasang stasiun transmisi yang memiliki frekuensi sama. Pasangan stasiun transmisi pertama terletak dengan konduktivitas tanah yang sama dan pasangan stasiun transmisi berikutnya terletak dengan konduktivitas tanah yang berbeda. Hasil dari pemilihan sampel data ini adalah berupa sampel data pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 berikut ini.

Sesudah spesifikasi dari stasiun transmisi ditentukan, maka parameter-parameter yang diperlukan dimasukkan ke *software* ChirPlus BC sebagai sampel data stasiun transmisi yang akan dilakukan perhitungan kuat medan dengan menggunakan *software* yang sama.

3.1.1 Pasangan Sampel Data untuk Konduktivitas Tanah Sama

Data yang dipilih sebagai sampel adalah data stasiun transmisi yang terletak di Pulau Jawa. Perincian data stasiun transmisi tertera pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data Stasiun Transmisi dengan Konduktivitas Tanah Sama

Nama	Frekuensi (kHz)	Posisi		Daya (W)	Konduktivitas Tanah (mS/m)
		Garis Lintang	Garis Bujur		
Bogor	1278	6,585924 LS	106,800116 BT	500	15
Tasikmalaya	1278	7,326829 LS	108,221429 BT	500	15

Parameter-parameter dari spesifikasi pasangan sampel data untuk konduktivitas tanah sama yang dimasukkan ke *software* ChirPlus BC dan pemetaan lokasinya yang dilakukan oleh *software* yang sama dapat dilihat pada Gambar 3.1 (a), (b), dan (c) berikut.

Site			
Name	AM G2 BOGOR	Country	INS
Site Name		Province	
Long./East.	106E48 04.017	Ant. hght [m]	50.0
Lat./North.	06S35 09.326	Height asl [m]	-999.0
Permittivity	30.00	Conduct. [mS/m]	15.00
Ant./Lambda	0.213	<input type="button" value="Sea-Dist"/>	

Electr. Params.			
Freq. [MHz]	1.278000	Channel	
Offset	0	Off.Freq. [Hz]	0.0
EMRP [W]	500.000	System	D
Polarisation	V	Time Del. [µs]	0.00
AZM	A	<input type="button" value="Pattern"/>	
Desig. of Emiss.		Offset Type	normal
SFN Id			

Info			
Date	28/09/2007	User	sysadmi
Remarks		Service	LF/MF
OS			

1 of 1 Allow Edit

(a)

Site			
Name	AM G2 TASIKMALAYA	Country	INS
Site Name		Province	
Long./East.	108E13 17.144	Ant. hght [m]	50.0
Lat./North.	07S19 36.584	Height asl [m]	-999.0
Permittivity	30.00	Conduct. [mS/m]	15.00
Ant./Lambda	0.213	<input type="button" value="Sea-Dist"/>	

Electr. Params.			
Freq. [MHz]	1.278000	Channel	
Offset	0	Off.Freq. [Hz]	0.0
EMRP [W]	500.000	System	D
Polarisation	V	Time Del. [µs]	0.00
AZM	A	<input type="button" value="Pattern"/>	
Desig. of Emiss.		Offset Type	normal
SFN Id			

Info			
Date	28/09/2007	User	sysadmi
Remarks		Service	LF/MF
OS			

1 of 1 Allow Edit

(b)



(c)

Gambar 3.1 Parameter dari sampel data untuk stasiun transmisi (a) Bogor (b) Tasikmalaya dan (c) pemetaan dari Bogor dan Tasikmalaya

3.1.2 Pasangan Sampel Data untuk Konduktivitas Tanah Berbeda

Data yang dipilih sebagai sampel adalah data stasiun transmisi yang terletak di Pulau Sumatera. Perincian data stasiun transmisi ini adalah seperti tercantum pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Data Stasiun Transmisi dengan Konduktivitas Tanah Berbeda

Nama	Frekuensi (kHz)	Posisi		Daya (W)	Konduktivitas Tanah (mS/m)
		Garis Lintang	Garis Bujur		
Bukit Tinggi	1440	0,303443 LS	100,368965 BT	500	3
Ujung Tanjung	1440	1,62859 LU	101,037981 BT	500	15

Parameter-parameter dari spesifikasi pasangan sampel data untuk konduktivitas tanah berbeda yang dimasukkan ke *software* ChirPlus BC dan pemetaan lokasinya yang dilakukan oleh *software* yang sama dapat dilihat pada Gambar 3.2 (a), (b), dan (c) berikut ini.

Site Name	AM HO BUKIT TINGGI	Country	INS	Permittivity	30.00
Site Name		Province		Conduct. [mS/m]	3.00
Long./East.	100E22 08.274	Ant. hght [m]	50.0	Ant./Lambda	0.24
Lat./North.	00S18 12.395	Height asl [m]	-999.0	<input type="button" value="Sea-Dist"/>	

Electr. Params.	Freq. [MHz] 1.440000 <input type="button" value="←"/> <input type="button" value="→"/> Channel Offset 0 <input type="button" value="→"/> Off.Freq. [Hz] 0.0 EMRP [w] 500.000 System D <input type="button" value="↓"/> SFN Id Polarisation V <input type="button" value="↓"/> Time Del. [μs] 0.00 AZM A <input type="button" value="↓"/> <input type="button" value="Pattern"/>	Desig. of Emiss. Offset Type normal <input type="button" value="↓"/> Time Del. [μs] 0.00 <input type="button" value="Pattern"/>
-----------------	---	--

Info	Date 25/09/2007	User sysadmi	Service LF/MF <input type="button" value="↓"/>
Remarks			OS

1 of 1 Allow Edit

(a)

Site Name	AM HO UJUNGTANJUNG	Country	INS	Permittivity	30.00
Site Name		Province		Conduct. [mS/m]	15.00
Long./East.	101E02 16.732	Ant. hght [m]	50.0	Ant./Lambda	0.24
Lat./North.	01N37 42.924	Height asl [m]	-999.0	<input type="button" value="Sea-Dist"/>	

Electr. Params.	Freq. [MHz] 1.440000 <input type="button" value="←"/> <input type="button" value="→"/> Channel Offset 0 <input type="button" value="→"/> Off.Freq. [Hz] 0.0 EMRP [w] 500.000 System D <input type="button" value="↓"/> SFN Id Polarisation V <input type="button" value="↓"/> Time Del. [μs] 0.00 AZM A <input type="button" value="↓"/> <input type="button" value="Pattern"/>	Desig. of Emiss. Offset Type normal <input type="button" value="↓"/> Time Del. [μs] 0.00 <input type="button" value="Pattern"/>
-----------------	---	--

Info	Date 29/08/2007	User sysadmi	Service LF/MF <input type="button" value="↓"/>
Remarks			OS

1 of 1 Allow Edit

(b)



(c)

Gambar 3.2 Parameter dari sampel data untuk stasiun transmisi (a) Bukit Tinggi (b) Ujung Tanjung dan (c) pemetaan dari Bukit Tinggi dan Ujung Tanjung

3.2 PROSES PERHITUNGAN PADA PROPAGASI *GROUND WAVE*

Setelah proses memilih sampel data, langkah yang berikutnya dilakukan adalah proses menghitung dari sampel data yang tersedia. Proses perhitungan yang dilakukan pertama kali adalah perhitungan kuat medan pada propagasi *ground wave*. Perhitungan kuat medan ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* ChirPlus BC. Pada perhitungan kuat medan ini, tinggi antena transmisi diasumsikan sama yaitu 50 m dan tinggi antena penerima dianggap sama pula yaitu 10 m.

3.2.1 Konduktivitas Tanah Berbeda

Sampel data yang digunakan pada perhitungan kuat medan pada propagasi *ground wave* dengan konduktivitas tanah berbeda adalah pasangan sampel data

stasiun transmisi yang terletak di Pulau Sumatera, yaitu stasiun transmisi di Bukit Tinggi dan Ujung Tanjung. Mode perhitungan yang digunakan adalah *test-point calculation*. Hasil dari perhitungan dirangkum dalam Tabel 3.3 berikut ini. Pemetaan dari pasangan stasiun transmisi dan titik-titik ujinya dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Hasil Perhitungan Kuat Medan pada Propagasi *Ground Wave*

E (dB μ V/m)	Konduktivitas Tanah					
	$\sigma = 3 \text{ mS/m}$			$\sigma = 15 \text{ mS/m}$		
	d1	d2	d3	d4	d5	d6
Tinggi antena = 50 m	57,51	44,59	36,63	73,68	61,54	53,89

Keterangan :

d1 = 20,93 km

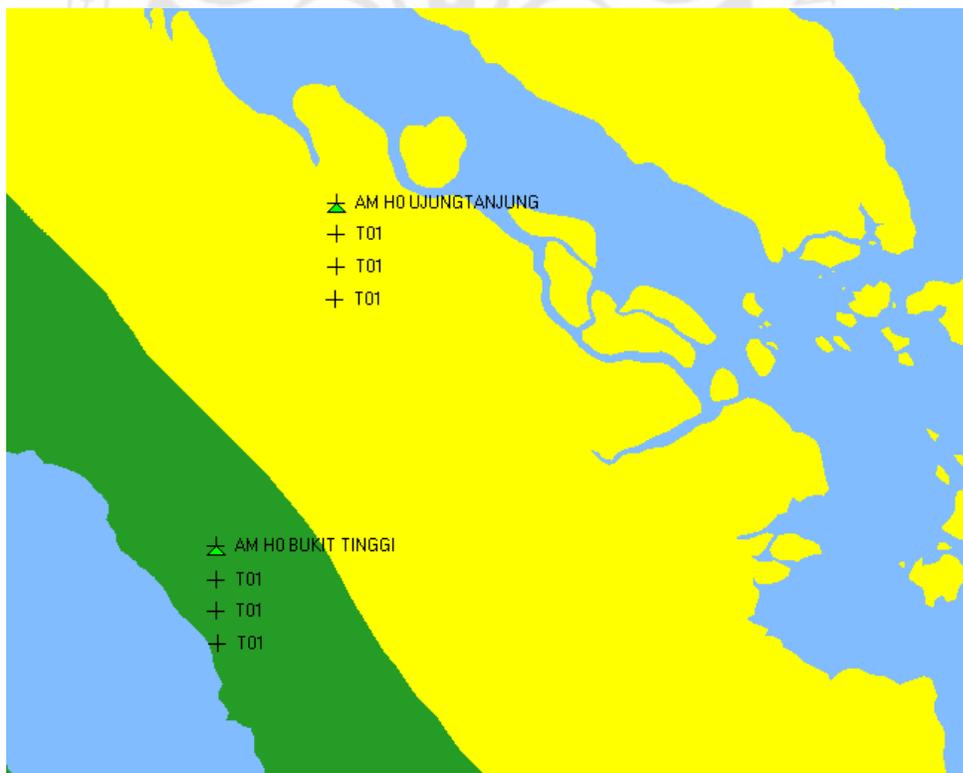
d2 = 40,38 km

d3 = 60,77 km

d4 = 19,86 km

d5 = 40,24 km

d6 = 60,63 km



Gambar 3.3 Pemetaan pasangan stasiun transmisi Bukit Tinggi dan Ujung Tanjung dan titik-titik ujinya

3.3 PROSES PERHITUNGAN PADA PROPAGASI SKY WAVE

Proses berikutnya yang dilakukan setelah proses perhitungan kuat medan dengan propagasi *ground wave* adalah proses perhitungan kuat medan dengan propagasi *sky wave*. Proses perhitungan kuat medan ini dibantu oleh *software* ChirPlus BC. Proses perhitungan kuat medan ini dibagi menjadi tiga bagian. Perhitungan pertama adalah perhitungan kuat medan pada propagasi *sky wave* dengan memvariasikan parameter jam dan parameter bulan dianggap sama. Perhitungan kedua adalah perhitungan kuat medan pada propagasi *sky wave* dengan memvariasikan parameter bulan dan parameter jam diasumsikan tetap. Perhitungan terakhir adalah perhitungan kuat medan pada propagasi *sky wave* dengan memvariasikan parameter jam dan bulan.

Pada perhitungan kuat medan ini, tinggi antenna transmisi diasumsikan sama yaitu 50 m dan tinggi antenna penerima dianggap sama pula yaitu 10 m. Nilai *sunspot* sebagai parameter yang dapat menunjukkan aktivitas matahari disesuaikan oleh bulan dilakukannya perhitungan. Perhitungan diasumsikan dilakukan pada tahun 2007 dengan nilai *sunspot* yang berbeda-beda sesuai pada bulan-bulan tahun 2007. Nilai *sunspot* yang digunakan pada perhitungan kuat medan ini diambil dari ITU. Nilai *sunspot* pada bulan Januari hingga Desember 2007 dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Nilai *Sunspot* pada Tahun 2007 [8]

Tahun	Bulan	Nilai <i>Sunspot</i>
2007	1	12
2007	2	12
2007	3	11
2007	4	10
2007	5	9
2007	6	8
2007	7	8
2007	8	7
2007	9	7
2007	10	7
2007	11	7
2007	12	7

Sumber : Circular of basic indices for ionospheric propagation
<http://www.itu.int/ITU-R/study-groups/docs/rsg3-indices/index.html>

3.3.1 Jam Berbeda dan Bulan Sama

Pasangan sampel data yang digunakan pada perhitungan kuat medan pada propagasi *sky wave* dengan memvariasikan parameter jam dan parameter bulan dianggap tetap ialah data dua stasiun transmisi pada Pulau Jawa, yaitu stasiun pemancar di Bogor dan Tasikmalaya. Mode perhitungan yang digunakan adalah *test-point calculation*. Hasil dari perhitungan tertera pada Tabel 3.5 di bawah ini. Pemetaan dari pasangan stasiun transmisi dan titik-titik ujinya dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut.

Tabel 3.5 Hasil Perhitungan Kuat Medan Pada Propagasi *Sky Wave* dengan Jam Berbeda dan Bulan Sama

Kuat Medan (dB μ V/m)		Bulan : Agustus					
		Stasiun Bogor			Stasiun Tasikmalaya		
		d1	d2	d3	d4	d5	d6
J a m	00:00:00	0.76	5.84	8.72	-0.97	3.89	6.49
	01:00:00	-1.4	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
	02:00:00	-1.4	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
	03:00:00	-1.4	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
	04:00:00	-1.4	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
	05:00:00	-1.4	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
	06:00:00	-1.4	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
	07:00:00	-1.4	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
	08:00:00	-1.4	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
	09:00:00	-1.4	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
	10:00:00	5.16	9.98	12.61	7.19	11.96	14.47
	11:00:00	17.02	21.88	24.55	18.36	23.17	25.72
	12:00:00	23.28	28.17	30.87	24.14	28.97	31.55
	13:00:00	25.95	30.85	33.57	26.54	31.39	33.98
	14:00:00	27.03	31.94	34.66	27.57	32.42	35.01
	15:00:00	28.6	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
	16:00:00	28.6	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
	17:00:00	28.6	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
	18:00:00	28.6	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
	19:00:00	28.6	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
	20:00:00	28.6	33.51	36.24	28.57	33.44	36.05
	21:00:00	27.8	32.72	35.44	28.23	33.09	35.69
	22:00:00	26.5	31.44	34.18	26.63	31.51	34.13
	23:00:00	19.21	24.2	26.99	18.62	23.56	26.23
24:00:00	0.76	5.84	8.72	-0.97	3.89	6.49	



Gambar 3.4 Pemetaan pasangan stasiun transmisi Bogor dan Tasikmalaya dan titik-titik ujinya

3.3.2 Jam Sama dan Bulan Berbeda

Pasangan sampel data yang digunakan pada perhitungan kuat medan pada propagasi *sky wave* dengan memvariasikan parameter bulan dan parameter jam dianggap tetap ialah data dua stasiun transmisi pada Pulau Jawa, yaitu stasiun pemancar di Bogor dan Tasikmalaya. Mode perhitungan yang digunakan adalah *test-point calculation*. Hasil dari perhitungan tertera pada Tabel 3.6 di bawah ini. Pemetaan dari pasangan stasiun transmisi dan titik-titik ujinya dapat dilihat pada Gambar 3.4.

Tabel 3.6 Hasil Perhitungan Kuat Medan Pada Propagasi *Sky Wave* dengan Jam Sama dan Bulan Berbeda

Kuat Medan (dB μ V/m)	Jam 08:00						Jam 20:00						
	Bogor			Tasikmalaya			Bogor			Tasikmalaya			
	d1	d2	d3	d1	d2	d3	d1	d2	d3	d1	d2	d3	
B U L A N	Januari	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	27.99	32.91	35.64	28.33	33.19	35.79
	Februari	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	28.18	33.11	35.84	28.48	33.34	35.94
	Maret	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	28.18	33.11	35.84	28.49	33.35	35.96
	April	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	28.10	33.02	35.76	28.43	33.30	35.90
	Mei	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	28.11	33.03	35.77	28.45	33.32	35.92
	Juni	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	28.60	33.51	36.24	28.59	33.46	36.06
	Juli	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
	Agustus	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	28.60	33.51	36.24	28.57	33.44	36.50
	September	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	27.96	32.88	35.61	28.32	33.19	35.79
	Oktober	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	27.82	32.74	35.46	28.23	33.09	35.69
	November	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	27.80	32.72	35.44	28.23	33.09	35.68
	Desember	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	27.83	32.74	35.47	28.24	33.09	35.69

3.3.3 Jam dan Bulan Berbeda

Pasangan sampel data yang digunakan pada perhitungan kuat medan pada propagasi *sky wave* dengan memvariasikan parameter bulan dan jam ialah data dua stasiun transmisi pada Pulau Jawa, yaitu stasiun pemancar di Bogor dan Tasikmalaya. Mode perhitungan yang digunakan adalah *test-point calculation*. Hasil dari perhitungan tertera pada Tabel 3.7 berikut ini. Pemetaan dari pasangan stasiun transmisi dan titik-titik ujinya dapat dilihat pada Gambar 3.4.

Tabel 3.7 Hasil Perhitungan Kuat Medan Pada Propagasi Sky Wave dengan Jam dan Bulan Berbeda

E	Januari						Februari						Maret					
	Bogor			Tasikmalaya			Bogor			Tasikmalaya			Bogor			Tasikmalaya		
	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d1	d2	d3	d4	d5	d6
0	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
1	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
2	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
3	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
4	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
5	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
6	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
7	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
8	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
9	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
10	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
11	13.47	18.31	20.97	14.70	19.49	22.03	13.35	18.20	20.86	14.68	19.47	22.01	15.11	19.96	22.62	16.43	21.23	23.77
12	21.53	26.41	29.10	22.37	27.19	29.76	21.47	26.35	29.05	22.36	27.18	29.75	22.36	27.24	29.94	23.23	28.06	30.63
13	25.57	30.17	32.88	25.87	30.71	33.30	25.25	30.15	32.86	25.86	30.71	33.29	25.60	30.50	33.21	26.20	31.05	33.63
14	26.69	31.60	34.32	27.20	32.05	34.64	26.68	31.59	34.31	27.20	32.05	34.64	26.84	31.75	34.47	27.36	32.21	34.80
15	27.80	32.70	35.43	28.37	33.21	35.80	27.79	32.69	35.41	28.36	33.21	35.80	28.08	32.99	35.70	28.70	33.55	36.13
16	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
17	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
18	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
19	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
20	27.99	32.91	35.64	28.33	33.19	35.79	28.18	33.11	35.84	28.48	33.34	35.94	28.18	33.11	35.84	28.49	33.35	35.96
21	27.77	32.69	35.41	28.15	33.02	35.62	27.80	32.71	35.44	28.22	33.08	35.67	27.80	32.71	35.44	28.22	33.08	35.68
22	25.65	30.59	33.35	25.49	30.38	33.01	26.32	31.25	34.00	26.31	31.20	33.82	26.32	31.25	34.00	26.36	31.24	33.86
23	16.46	21.46	24.28	15.16	20.12	22.81	18.57	23.57	26.37	17.61	22.55	25.23	18.58	23.57	26.37	17.74	22.68	25.36
24	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49

E	April						Mei						Juni					
	Bogor			Tasikmalaya			Bogor			Tasikmalaya			Bogor			Tasikmalaya		
	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d1	d2	d3	d4	d5	d6
0	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	0.82	5.89	8.77	-0.97	3.89	6.49
1	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
2	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
3	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
4	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
5	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
6	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
7	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
8	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
9	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
10	5.70	10.52	13.15	7.64	12.41	14.93	7.72	12.54	15.18	9.67	14.45	16.97	7.33	12.16	14.80	9.37	14.15	16.67
11	17.33	22.19	24.86	18.61	23.42	25.97	18.46	23.33	26.00	19.73	24.54	27.10	18.25	23.11	25.79	19.56	24.38	26.93
12	23.43	28.32	31.02	24.26	29.09	31.67	23.95	28.84	31.55	24.96	29.60	32.18	23.85	28.75	31.45	24.69	29.52	32.10
13	26.00	30.91	33.63	26.58	31.43	34.02	26.20	31.10	33.82	26.77	31.63	34.21	26.13	31.07	33.78	26.74	31.59	34.18
14	27.06	31.97	34.69	27.60	32.45	35.04	27.20	32.11	34.83	27.76	32.61	35.20	27.17	32.08	34.80	27.73	32.58	35.17
15	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
16	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
17	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
18	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
19	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
20	28.10	33.02	35.76	28.43	33.30	35.90	28.11	33.03	35.77	28.45	33.32	35.92	28.60	33.51	36.24	28.59	33.46	36.06
21	27.79	32.71	35.43	28.21	33.07	35.67	27.79	32.71	35.44	28.21	33.07	35.67	27.80	32.72	35.44	28.23	33.09	35.69
22	26.09	31.03	33.78	26.14	31.03	33.65	26.12	31.06	33.81	26.22	31.10	33.73	26.51	31.44	34.19	26.68	31.56	34.18
23	17.83	22.83	25.63	17.08	22.03	24.71	17.93	22.92	23.72	17.30	22.25	24.93	19.23	24.22	27.02	18.76	23.70	26.37
24	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	0.82	5.89	8.77	-0.97	3.89	6.49

E	Juli						Agustus						September					
	Bogor			Tasikmalaya			Bogor			Tasikmalaya			Bogor			Tasikmalaya		
	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d1	d2	d3	d4	d5	d6
0	2.80	7.86	10.73	1.36	6.37	9.12	0.76	5.84	8.72	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
1	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
2	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
3	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
4	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
5	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
6	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
7	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
8	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
9	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
10	5.76	10.58	13.22	7.87	12.64	15.15	5.16	9.98	12.61	7.19	11.96	14.47	6.17	10.99	13.62	8.01	12.78	15.29
11	17.36	22.23	24.90	18.74	23.55	26.10	17.02	21.88	24.55	18.36	23.17	25.72	17.59	22.45	25.13	18.81	23.62	26.17
12	23.44	28.33	31.04	24.31	29.15	31.72	23.28	28.17	30.87	24.14	28.97	31.55	23.55	28.44	31.14	24.35	29.18	31.76
13	26.01	30.92	33.63	26.60	31.45	34.04	25.95	30.85	33.57	26.54	31.39	33.98	26.05	30.95	33.67	26.62	31.47	34.06
14	27.07	31.97	34.69	27.61	32.47	35.06	27.03	31.94	34.66	27.57	32.42	35.01	27.09	32.00	34.72	27.63	32.48	35.07
15	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
16	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
17	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
18	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
19	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
20	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	28.57	33.44	36.05	27.96	32.88	35.61	28.32	33.19	35.79
21	27.80	32.71	35.44	28.24	33.09	35.69	27.80	32.72	35.44	28.23	33.09	35.69	27.76	32.68	35.40	28.15	33.01	35.61
22	26.76	31.69	34.44	26.96	31.83	34.45	26.50	31.44	34.18	26.63	31.51	34.13	25.51	30.45	33.21	25.45	30.34	32.97
23	20.14	25.13	27.92	19.72	24.65	27.31	19.21	24.20	26.99	18.63	23.56	26.23	16.04	21.04	23.86	15.06	20.01	22.70
24	2.80	7.86	10.73	1.36	6.37	9.12	0.76	5.84	8.72	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49

E	Oktober						November						Desember					
	Bogor			Tasikmalaya			Bogor			Tasikmalaya			Bogor			Tasikmalaya		
	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d1	d2	d3	d4	d5	d6
0	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
1	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
2	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
3	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
4	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
5	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
6	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
7	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
8	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
9	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49
10	7.17	11.99	14.63	8.82	13.59	16.11	6.30	11.13	13.76	7.86	12.63	15.15	-1.40	3.51	6.24	4.54	9.29	11.80
11	18.15	23.02	25.70	19.26	24.07	26.63	17.67	22.53	25.21	18.73	23.54	26.09	15.74	20.59	23.26	16.85	21.65	24.19
12	23.81	28.70	31.41	24.55	29.39	31.97	23.59	28.48	31.18	24.31	29.15	31.72	22.67	27.55	30.25	23.43	28.26	30.83
13	26.14	31.05	33.77	26.69	31.54	34.13	26.06	30.97	33.69	26.60	31.45	34.04	25.72	30.62	33.34	26.28	31.13	33.71
14	27.16	32.07	24.79	27.69	32.54	35.13	27.10	32.01	34.73	27.61	32.47	35.06	26.90	31.81	34.53	27.40	32.25	34.84
15	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.21	33.11	35.83	29.03	33.89	36.49
16	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
17	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
18	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
19	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49	28.60	33.51	36.24	29.03	33.89	36.49
20	27.82	32.74	35.46	28.23	33.09	35.69	27.80	32.72	35.44	28.23	33.09	35.68	27.83	32.74	35.47	28.24	33.09	35.69
21	27.59	32.51	35.25	27.90	32.77	35.37	27.46	32.38	35.12	27.71	32.58	35.18	27.61	32.53	35.26	27.91	32.77	35.38
22	24.03	28.98	31.75	23.71	28.61	31.25	23.22	28.18	30.95	22.71	27.62	30.27	24.14	29.10	31.87	23.73	28.63	31.29
23	11.96	16.99	19.82	10.49	15.46	18.17	9.91	14.95	17.79	8.08	13.07	15.79	12.27	17.29	20.13	10.54	15.52	18.23
24	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49	-1.40	3.51	6.24	-0.97	3.89	6.49

BAB IV

ANALISIS KUAT MEDAN PADA PENERIMAAN RADIO AM

4.1 ANALISIS PERHITUNGAN KUAT MEDAN PADA PROPAGASI *GROUND WAVE*

Langkah yang pertama kali dilakukan dalam analisis ini ialah mencari nilai s_1 dan s_2 seperti tercantum pada Gambar 2.3 dengan menggunakan model refleksi *plane-earth two-ray*. Nilai-nilai konstanta dengan acuan Gambar 2.3 adalah sebagai berikut : $h_1 = 50$ m, $h_2 = 10$ m, dan nilai d bervariasi. Nilai s_1 dan s_2 dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.15) dan (2.16). Hasil dari perhitungan pada model refleksi *plane-earth two ray* adalah seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan s_1 dan s_2 pada Model Refleksi *Plane-Earth Two-Ray*

h_1 (m)	50	
h_2 (m)	10	
d (km)	s_1 (km)	s_2 (km)
20.93	20.93004	20.93009
40.38	40.38002	40.38004
60.77	60.77001	60.77003
19.86	19.86004	19.86009
40.24	40.24002	40.24004
60.63	60.63001	60.63003

Seperti terlihat pada Tabel 4.1 bahwa nilai s_1 dan s_2 mendekati nilai d . Hal ini disebabkan karena perbandingan tinggi yang bernilai sekitar 0,001 dari jarak. Jadi dapat diasumsikan bahwa nilai $s_1 = s_2 = d$.

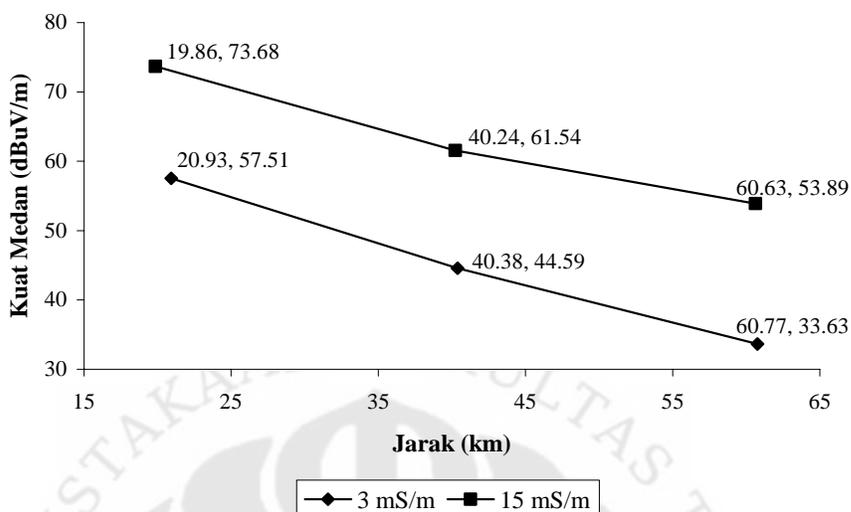
Software ChirPlus hanya menghitung nilai komponen kuat medan secara vertikal. Nilai komponen kuat medan secara radial tidak diperhitungkan karena bernilai kecil sekali sehingga dapat diabaikan. Dengan melakukan perhitungan secara manual menggunakan persamaan (2.7), (2.8), (2.9), (2.11), dan (2.14) maka didapatkan nilai kuat medan yang mendekati nilai kuat medan perhitungan dengan menggunakan *software* ChirPlus. Perbandingan hasil perhitungan dengan menggunakan *software* ChirPlus dan secara manual dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Perbandingan Hasil Perhitungan dengan ChirPlus dan Manual

Jarak (km)	$\sigma = 3 \text{ mS/m}$		Jarak (km)	$\sigma = 15 \text{ mS/m}$	
	ChirPlus	Manual		ChirPlus	Manual
20.93	57.51	57.4851	19.86	73.68	74.0657
40.38	44.59	45.2774	40.24	61.54	60.2678
60.77	36.63	37.9392	60.63	53.89	51.6571

Perhitungan kuat medan pada propagasi *ground wave* yang dilakukan oleh *software* ChirPlus ini berdasarkan ketentuan dari ITU-R Rec. P.368-7 yang berjudul *Ground-wave propagation curves for frequencies between 10 kHz and 30 MHz*. Berdasarkan Tabel 3.3 yang berisikan tentang hasil perhitungan kuat medan pada propagasi *ground wave*, hasilnya dapat dirangkum dalam grafik pada Gambar 4.1 berikut.

Grafik Kuat Medan terhadap Jarak pada Propagasi *Ground Wave*



Gambar 4.1 Grafik Kuat Medan terhadap Jarak pada Propagasi *Ground Wave*

Gambar 4.1 menjelaskan bahwa ada enam titik uji yang dihitung kuat medannya. Untuk konduktivitas tanah 3 mS/m, kuat medan pada jarak 20,93 km adalah 57,51 dBµV/m. Kuat medan pada jarak 40,38 km adalah 44,59 dBµV/m. Kuat medan pada jarak 60,77 km adalah 33,63 dBµV/m. Pada konduktivitas tanah 15 mS/m, kuat medan pada jarak 19,86 km adalah 73,68 dBµV/m. Kuat medan pada jarak 40,24 km adalah 61,54 dBµV/m. Kuat medan pada jarak 60,63 km adalah 53,89 dBµV/m.

Pada persamaan (2.11), magnitudo dari faktor $(1-u^2+u^4)$ merupakan nilai yang mendekati satu [7]. Magnitudo dari nilai dari $exp(-jkr)$ pun bernilai satu. Dengan mengasumsikan bahwa $Idl = 5\lambda/2\pi$, maka magnitudo dari komponen kuat medan vertikal adalah seperti pada persamaan (4.1) berikut ini [7].

$$|E_z| = \frac{300\sqrt{PF}}{r} \quad \dots \quad (4.1)$$

di mana P adalah total daya yang diradiasi (kW) F merupakan fungsi atenuasi dan r merupakan jarak antar stasiun transmisi dan penerima. Nilai d pada Tabel 4.1 menjadi nilai r pada perhitungan komponen kuat medan vertikal pada persamaan (2.11).

Persamaan (4.1) menunjukkan bahwa nilai komponen kuat medan vertikal berbanding terbalik dengan jarak antar stasiun transmisi dan perangkat penerima. Pernyataan ini sesuai dengan Gambar (4.1) yang memperlihatkan bahwa semakin jauh jarak antar keduanya, maka semakin kecil nilai kuat medan komponen vertikal yang diterima. Dengan kata lain, kuat medan berbanding terbalik dengan jarak. Berkurangnya nilai komponen kuat medan vertikal yang diterima ini terjadi karena adanya atenuasi.

Berdasarkan persamaan (2.6), (2.14), (2.8), dan (2.9) dapat dilihat bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi atenuasi kuat medan pada propagasi *ground wave* adalah jarak antar stasiun transmisi dan perangkat penerima, permitivitas relatif, konduktivitas tanah, dan frekuensi dari stasiun transmisi. Pada analisis ini, nilai permitivitas relatif dan frekuensi dari stasiun transmisi dibuat konstan. Nilai konduktivitas tanah divariasikan sesuai dengan nilai konduktivitas tanah di Indonesia, yaitu 3 mS/m dan 15 mS/m.

Nilai komponen kuat medan vertikal untuk konduktivitas tanah 15 mS/m pada suatu jarak tertentu lebih besar daripada nilai komponen kuat medan vertikal untuk konduktivitas tanah 3 mS/m untuk jarak yang sama. Nilai kuat medan komponen vertikal dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$E_z \text{ dB} = 20 \log E_z \quad \dots \quad (4.2)$$

$$E_z = 10^{\frac{E_z \text{ dB}}{20}} \quad \dots \quad (4.3)$$

E_z pada persamaan (4.2) dan (4.3) merupakan nilai kuat medan komponen vertikal dengan satuan $\mu\text{V/m}$. Sedangkan, $E_z \text{ dB}$ mempunyai satuan $\text{dB}\mu\text{V/m}$. Oleh karena itu, nilai E_z sebenarnya dapat dicari dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 Nilai Kuat Medan Komponen Vertikal

Jarak (km)	$\sigma = 3 \text{ mS/m}$		Jarak (km)	$\sigma = 15 \text{ mS/m}$	
	$E_z \text{ dB (dB}\mu\text{V/m)}$	$E_z (\mu\text{V/m)}$		$E_z \text{ dB (dB}\mu\text{V/m)}$	$E_z (\mu\text{V/m)}$
20.93	57.51	750.758	19.86	73.68	4830.588
40.38	44.59	169.629	40.24	61.54	1193.988
60.77	36.63	67.842	60.63	53.89	494.880

Tidak ada formula khusus yang menghubungkan nilai kuat medan komponen vertikal dengan nilai konduktivitas tanah selain persamaan (2.6), (2.8), (2.9), (2.11), dan (2.14). Namun, faktor yang mempengaruhi fungsi atenuasi pada persamaan (2.6) adalah jarak antar stasiun transmisi dan penerima (r) seperti ditunjukkan pada persamaan (2.14) bila faktor-faktor lain seperti konduktivitas tanah, permitivitas relatif, dan frekuensi dianggap konstan.

4.2 ANALISIS PERHITUNGAN KUAT MEDAN PADA PROPAGASI SKY WAVE

Perhitungan kuat medan pada propagasi *sky wave* yang dilakukan oleh *software* ChirPlus ini berdasarkan ketentuan dari ITU-R Rec. P.1147-1 yang berjudul *Prediction of Sky-Wave Field Strength at Frequencies about 150 and 1700 kHz*. ITU-R Rec. P.1147-1 ini merupakan pengganti dan penyempurnaan dari ITU-R Rec. P.435-7 yang berjudul *Sky-Wave Field-Strength Prediction Method for the Broadcasting Service in the Frequency Range 150 to 1600 kHz*.

Pada ITU-R Rec. P.453-7, nilai kuat medan di suatu titik uji tertentu akibat propagasi *sky wave* dihitung dengan menggunakan persamaan (4.4) berikut [9].

$$E = V + E_0 - L_t = V + G_s - L_p + A - 20 \log p - 10^{-3} k_R p - L_t \quad \dots \quad (4.4)$$

Sedangkan, nilai kuat medan di suatu titik uji tertentu akibat propagasi *sky wave* berdasarkan ITU-R Rec. P.1147-1 adalah seperti pada persamaan (4.5) berikut [10].

$$E = V + E_0 - L_t = V + G_s - L_p + A - 20 \log p - L_a - L_t - L_r \quad \dots \quad (4.5)$$

Keterangan :

E : nilai tengah kuat medan ($\text{dB}\mu\text{V/m}$) untuk pengirim dengan nilai *cymnomotive force* tertentu pada waktu t tertentu, relatif terhadap waktu matahari terbit atau terbenam.

E_0 : nilai tengah kuat medan (dB μ V/m) untuk stasiun pengirim dengan nilai *cymmomotive force* 300 V pada 6 jam dari matahari terbenam.

V : *cymmomotive force* dari stasiun pengirim yang bernilai di atas referensi 300 V (dB).

G_s : koreksi *sea-gain* (dB).

L_p : *loss* akibat *polarization-coupling* yang berlebih (dB).

$A = 106.6 - 2 \sin \Phi$ (berdasarkan ITU-R. Rec. P.435-7).

107 (berdasarkan ITU-R. Rec. P.1147-1).

p : jarak kemiringan propagasi (km).

k_R : faktor *loss* akibat efek dari absorpsi ionosfer, *loss* pada pemusatan dan terminasi, dan *loss* antar hop.

L_a : faktor *loss* akibat efek dari absorpsi ionosfer dan faktor-faktor yang terkait.

L_t : faktor *loss* per jam (dB).

L_r : faktor *loss* akibat aktivitas matahari (dB).

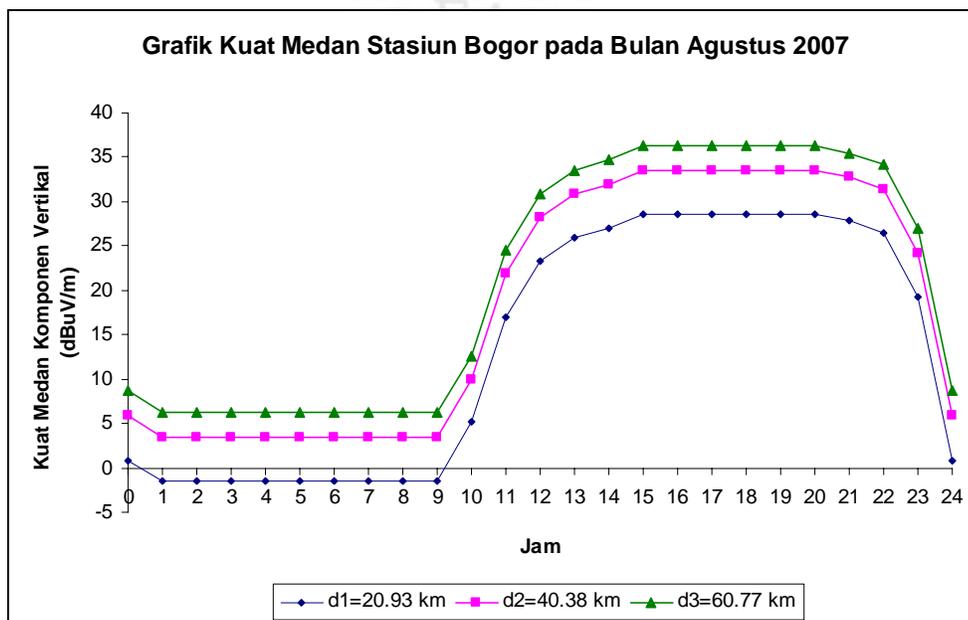
Berdasarkan persamaan (4.4) dan (4.5), ada empat *loss* yang diperhitungkan di ITU-R. Rec. P. 435-7 dan lima *loss* yang diperhitungkan di ITU-R. Rec. P. 1147-1. Rugi-rugi yang dimaksud adalah rugi-rugi akibat *polarization-coupling* yang berlebih, rugi-rugi akibat jarak kemiringan propagasi, rugi-rugi akibat efek absorpsi ionosfer, rugi-rugi per jam, dan faktor *loss* akibat aktivitas matahari (hanya diperhitungkan di ITU-R. Rec. P.1147-1 saja). Semua nilai *loss* yang mempengaruhi nilai kuat medan ini bersifat konstan kecuali faktor *loss* per jam yang dipengaruhi oleh waktu.

ITU-R juga mempublikasikan *software* yang digunakan untuk menghitung nilai kuat medan pada propagasi *sky wave* dengan variasi terhadap waktu, jarak, dan frekuensi [11]. *Software* dari ITU-R ini berbeda dengan *software* ChirPlus yang dikeluarkan oleh LS Telecom. *Software* dari ITU-R menggunakan bahasa pemrograman C dan menghitung berdasarkan ketentuan dari ITU-R Rec. P.453-7. *Software* dari ITU-R ini diadaptasi oleh *software* ChirPlus dalam perhitungan kuat medan pada propagasi *sky wave*.

4.2.1 Jam Berbeda dan Bulan Sama

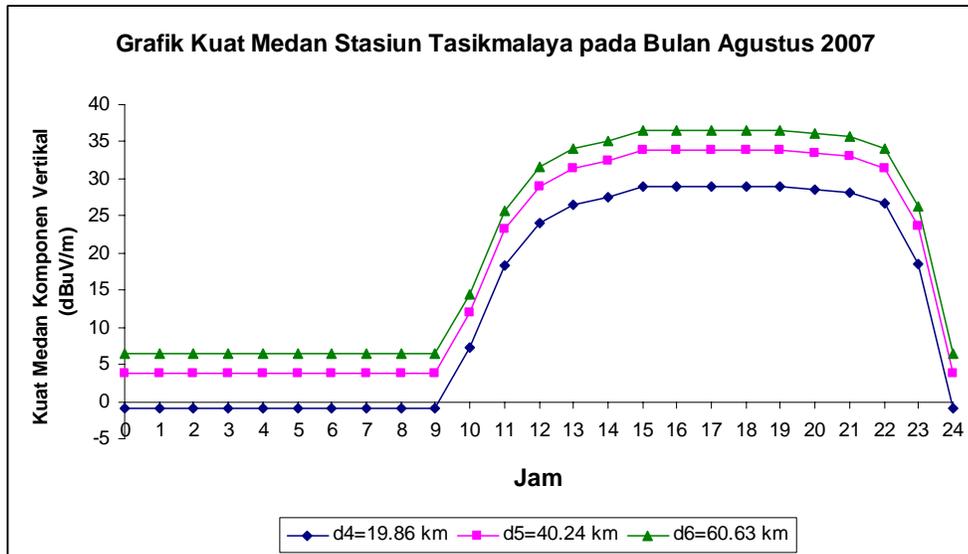
Pada perhitungan propagasi *sky wave* ini, jam dibuat bervariasi dari jam 00:00:00 hingga pukul 24:00:00. Perhitungan diambil di enam titik uji di mana terdapat tiga titik uji untuk setiap stasiun transmisi. Data stasiun transmisi yang diambil adalah Stasiun Bogor dan Tasikmalaya yang terletak di Pulau Jawa. Bulan yang dipilih untuk perhitungan adalah bulan Agustus.

Berdasarkan Tabel 3.4 yang berisikan tentang hasil perhitungan kuat medan pada propagasi *sky wave* untuk jam berbeda dan bulan sama, hasilnya dapat dirangkum dalam grafik pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 berikut ini.



Gambar 4.2 Grafik Kuat Medan Stasiun Bogor pada Bulan Agustus 2007

Gambar 4.2 berisi tentang nilai kuat medan pada setiap jam di stasiun Bogor pada bulan Agustus 2007 untuk tiga titik dengan jarak yang berbeda. Sedangkan, Gambar 4.3 menampilkan tentang nilai-nilai kuat medan pada setiap jam di stasiun transmisi Tasikmalaya pada bulan Agustus 2007 untuk tiga titik dengan jarak yang berbeda.



Gambar 4.3 Grafik Kuat Medan Stasiun Tasikmalaya pada Bulan Agustus 2007

Berdasarkan Gambar 4.2 dan Gambar 4.3, dapat dilihat bahwa terjadi keanehan nilai kuat medan yang tidak sesuai dengan teori yang telah dijabarkan pada subbab 2.5.2. Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 menggambarkan bahwa nilai kuat medan akan mencapai nilai tertinggi pada jam 16.00-20.00 dan akan mencapai nilai terendah pada pukul 00.00 hingga 09.00. Berdasarkan fenomena ionosfer seperti pada subbab 2.5.2, seharusnya nilai kuat medan tidak seperti yang digambarkan pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3. Nilai kuat medan seharusnya akan mencapai nilai tertinggi pada malam hari atau setelah matahari terbenam dan akan mencapai nilai terendah pada siang hari atau setelah matahari terbit.

Setelah dilakukan pengecekan pada *software* dari ITU-R, terdapat satu faktor yang mengubah nilai kuat medan yang benar menjadi seperti pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3. Faktor tersebut menggeser posisi nilai kuat medan yang sebenarnya menjadi lebih dahulu 7 jam. *Source code* yang mempengaruhi pergeseran posisi yang dimaksud dapat dilihat pada Lampiran L1. Faktor yang dimaksud dapat dilihat pada Lampiran L1 (sudah ditebalkan). Faktor tersebut adalah seperti pada persamaan (4.6) berikut.

$$lmt = gmt + (lon * R2D) / 15.0 \quad \dots \quad (4.6)$$

Faktor $[(lon * R2D) / 15.0]$ pada persamaan (4.6) sudah dilakukan pada perhitungan sebelumnya (dapat dilihat pada Lampiran L1 yang ditebalkan dan

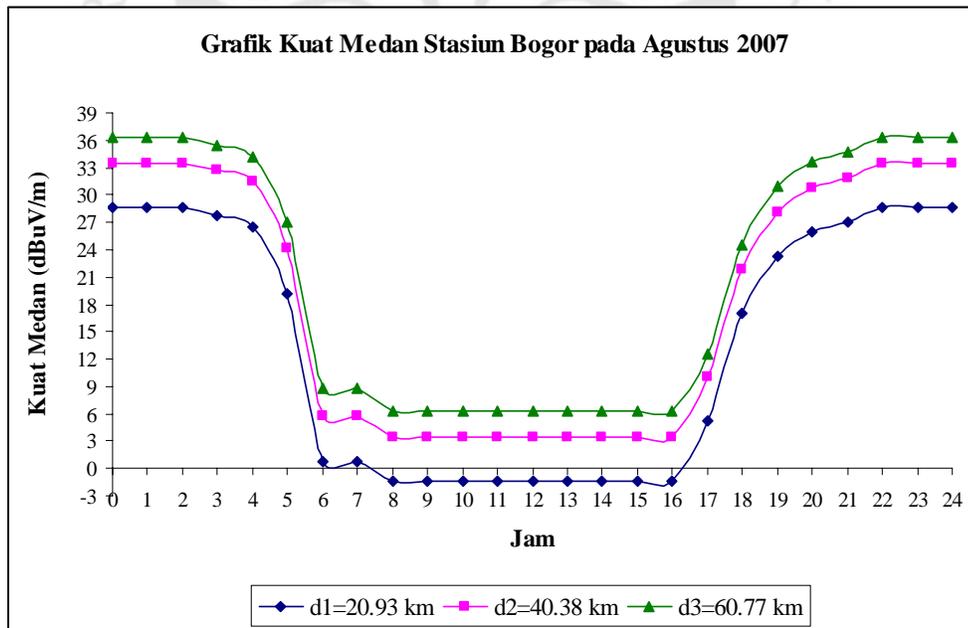
berwarna merah). Perhitungan yang dimaksud adalah seperti pada persamaan (4.7) berikut ini.

$$\text{obs} = \text{dlong} * \text{R2D} / 15.0 \quad \dots \quad (4.7)$$

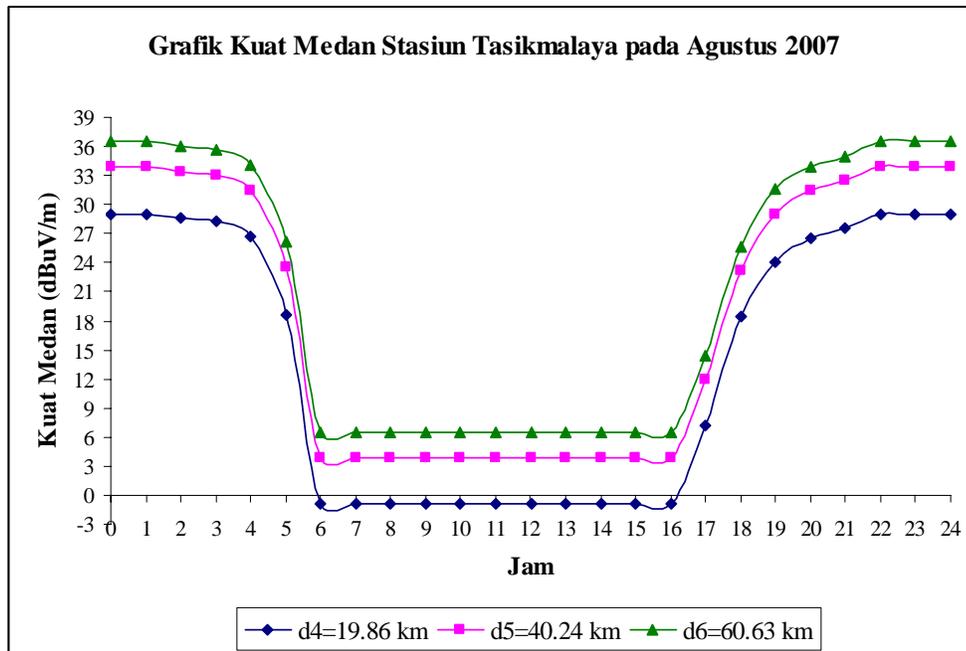
Nilai variabel *dlong* pada persamaan (4.7) dan variabel *lon* pada persamaan (4.6) adalah sama. Karena persamaan (4.7) sudah dilakukan terlebih dahulu pada program dari ITU-R ini, maka faktor $[(\text{lon} * \text{R2D}) / 15.0]$ seharusnya tidak diperlukan pada persamaan (4.6). Persamaan (4.6) seharusnya menjadi seperti pada persamaan (4.8) berikut ini.

$$\text{lmt} = \text{gmt} \quad \dots \quad (4.8)$$

Dengan menggunakan persamaan (4.8) untuk menggantikan persamaan (4.6) pada *source code* di Lampiran L1, maka nilai-nilai kuat medan terukur bergeser 7 jam ke belakang. Akibatnya, grafik pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 bergeser 7 jam pula ke belakang, menjadi seperti pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.4 Grafik Kuat Medan Stasiun Bogor pada Agustus 2007



Gambar 4.5 Grafik Kuat Medan Stasiun Tasikmalaya pada Agustus 2007

Nilai kuat medan pada propagasi sky wave pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 mempunyai nilai yang negatif pada jarak d1 (jam 08.00 hingga jam 16.00) dan d4 (jam 06.00 hingga jam 16.00). Nilai kuat medan logaritmik tersebut bernilai negatif karena nilai kuat medan sebenarnya bernilai lebih kecil dari $1 \mu\text{V/m}$. Untuk interval waktu yang sama, nilai kuat medan logaritmik dengan propagasi sky wave ini akan meningkat untuk jarak yang lebih jauh (40 dan 60 km) dan bernilai positif. Nilai kuat medan logaritmik yang positif menunjukkan bahwa nilai kuat medan sebenarnya bernilai lebih besar dari $1 \mu\text{V/m}$.

Berdasarkan Gambar 4.4 dan Gambar 4.5, dapat dilihat bahwa jam 06.00 sampai jam 16.00 merupakan interval waktu yang penerimaan kuat medannya terendah. Setelah pukul 16.00, nilai penerimaan kuat medan di masing-masing titik uji akan perlahan meningkat hingga mencapai puncaknya pukul 22.00. Kemudian, dimulai dari pukul 02.00, nilai penerimaan kuat medan di masing-masing titik uji akan menurun secara perlahan-lahan.

Pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa terdapat dua titik di mana nilai penerimaan kuat medan akan menurun atau meningkat drastis. Titik yang dimaksud adalah pada pukul 05.00 dan pukul 18.00. Dua titik ini merupakan saat yang signifikan karena berarti matahari terbit pada pukul 05.00 dan terbenam

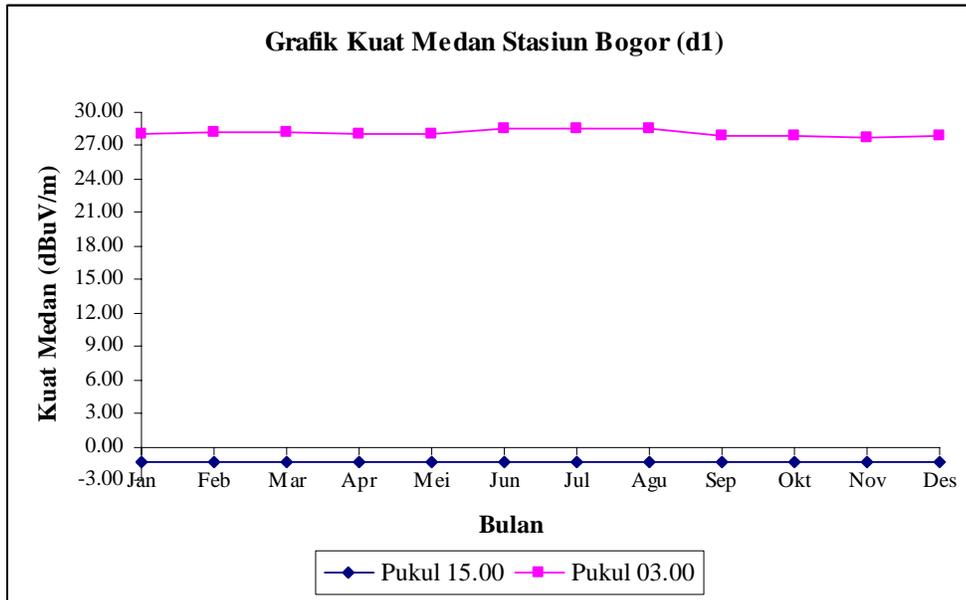
pada pukul 18.00. Jadi, penurunan nilai kuat medan sudah dimulai dari tiga jam sebelum matahari terbit dan peningkatan nilai kuat medan sudah dimulai dari satu jam sebelum matahari terbenam. Hal ini sesuai dengan fenomena ionosfer seperti yang telah dijelaskan pada subbab 2.5.2.

Pengaruh jarak pada nilai kuat medan ditunjukkan pula pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5. Pengaruh yang dimaksud adalah terjadinya kenaikan nilai kuat medan di titik-titik yang lebih jauh dari stasiun pemancarnya. Hal ini menunjukkan bahwa sinyal yang diterima di titik-titik yang berjarak sekitar 40 dan 60 km dari stasiun pemancarnya telah dipantulkan oleh lapisan ionosfer. Gambar 2.4 menjelaskan bahwa daerah yang berjarak sekitar 40 km – 60 km dari stasiun transmisi merupakan *sky wave zone* dan titik yang berjarak sekitar 20 km dari stasiun transmisi merupakan *quiet zone* yang berarti pantulan sinyal dari ionosfer belum sampai di bumi.

4.2.2 Jam Sama dan Bulan Berbeda

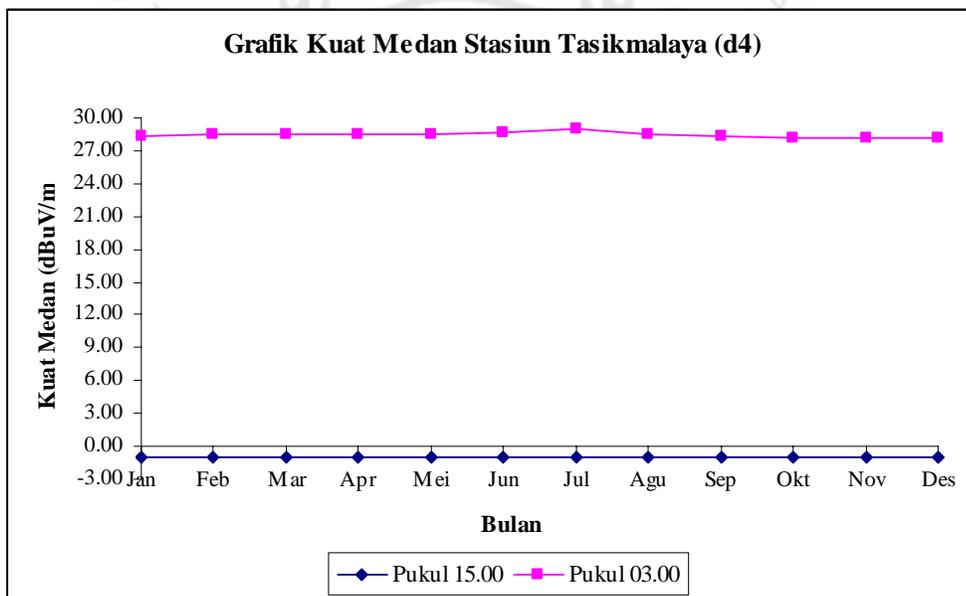
Pada perhitungan propagasi *sky wave* ini, bulan dibuat bervariasi dari bulan Januari hingga Desember. Perhitungan diambil di enam titik uji di mana terdapat tiga titik uji untuk setiap stasiun transmisi. Data stasiun transmisi yang diambil adalah Stasiun Bogor dan Tasikmalaya yang terletak di Pulau Jawa. Waktu yang dipilih untuk perhitungan adalah pukul 08.00 dan pukul 20.00.

Hasil perhitungan kuat medan pada propagasi *sky wave* ditunjukkan pada Tabel 3.5. Pada Tabel 3.5 tertera bahwa perhitungan diambil pada dua waktu yang berbeda yaitu pada pukul 08.00 dan pukul 20.00. Dengan menerapkan bahwa adanya ketidaktepatan seperti telah dijelaskan pada subbab 4.2.1, maka dapat disimpulkan bahwa waktu yang tepat untuk hasil perhitungan yang dilakukan oleh *software* ChirPlus adalah tujuh jam lebih telat. Oleh karena itu, seharusnya hasil perhitungan kuat medan pada Tabel 3.5 adalah nilai kuat medan yang ditangkap 6 titik uji yang berjarak tertentu pada pukul 15.00 dan 03.00. Hasil perhitungan pada Tabel 3.5 untuk stasiun Bogor dengan penerima berjarak d1 dirangkum pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.6 Grafik Kuat Medan Stasiun Bogor terhadap Bulan

Pada Gambar 4.6, dapat dilihat bahwa nilai kuat medan pada penerima yang berjarak d1 dari stasiun Bogor pada jam 15.00 bernilai sangat kecil dan negatif. Sedangkan, kuat medan pada jam 03.00 bernilai sekitar 30 dB lebih besar daripada kuat medan pada pukul 15.00. Hasil perhitungan pada Tabel 3.5 untuk stasiun Tasikmalaya dengan penerima berjarak d4 dirangkum pada Gambar 4.7 berikut ini.



Gambar 4.7 Grafik Kuat Medan Stasiun Tasikmalaya terhadap Bulan

Berdasarkan Gambar 4.7, dapat dilihat bahwa nilai kuat medan pada penerima yang berjarak d_4 dari stasiun pemancar Tasikmalaya pada jam 15.00 bernilai sangat kecil dan negatif. Sedangkan, kuat medan pada jam 03.00 bernilai sekitar 29 hingga 30 dB lebih besar daripada kuat medan pada pukul 15.00.

Kuat medan pada pukul 03.00 yang bernilai hingga 30 dB lebih besar daripada kuat medan pada pukul 15.00 sesuai dengan fenomena ionosfer. Setelah matahari terbit, maka lapisan ionosfer terdiri dari empat lapisan, yaitu lapisan D, E, F1, dan F2. Lapisan D yang bersifat menyerap gelombang frekuensi rendah akan menjadi penghalang bagi gelombang yang dipancarkan pada siang hari. Pukul 15.00 merupakan waktu di mana ionosfer masih terdiri dari empat lapisan sehingga kuat medannya bernilai sangat kecil. Setelah matahari terbenam, lapisan D dan E akan menghilang dan lapisan F1 dan F2 akan bergabung menjadi satu. Pada malam hari, gelombang berfrekuensi rendah yang dipancarkan akan dipantulkan oleh lapisan F gabungan sehingga pancarannya akan menjadi lebih jauh daripada pancaran pada siang hari.

Pengukuran nilai kuat medan pada pukul 15.00 dapat dikatakan sebagai pengukuran nilai kuat medan minimum sedangkan pengukuran kuat medan pada pukul 03.00 sebagai pengukuran nilai kuat medan maksimum. Tabel 4.4 berikut mencantumkan selisih kuat medan terhitung pada saat maksimum dan minimum berdasarkan data pada Tabel 3.5.

Tabel 4.4 Selisih Nilai Kuat Medan Maksimum dan Minimum

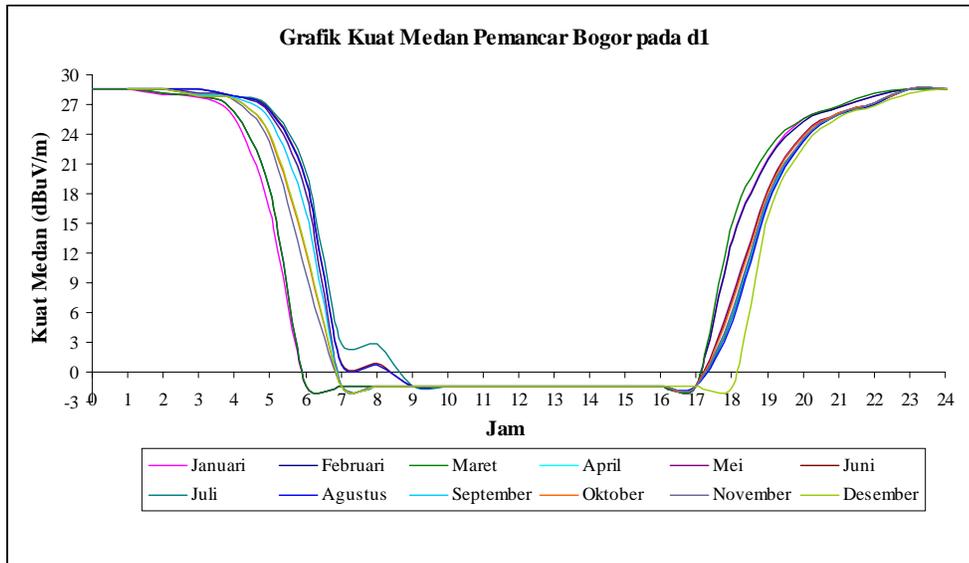
Selisih Kuat Medan (dB μ V/m)		Bogor			Tasikmalaya		
		d1	d2	d3	d4	d5	d6
B U L A N	Januari	29.39	29.40	29.40	29.30	29.30	29.30
	Februari	29.58	29.60	29.60	29.45	29.45	29.45
	Maret	29.58	29.60	29.60	29.46	29.46	29.47
	April	29.50	29.51	29.52	29.40	29.41	29.41
	Mei	29.51	29.52	29.53	29.42	29.43	29.43
	Juni	30.00	30.00	30.00	29.56	29.57	29.57
	Juli	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
	Agustus	30.00	30.00	30.00	29.54	29.55	30.01
	September	29.36	29.37	29.37	29.29	29.30	29.30
	Oktober	29.22	29.23	29.22	29.20	29.20	29.20
	November	29.20	29.21	29.20	29.20	29.20	29.19
	Desember	29.23	29.23	29.23	29.21	29.20	29.20

Tabel 4.4 mencantumkan nilai selisih kuat medan maksimum yaitu pada pukul 03.00 dan kuat medan minimum yaitu pada pukul 15.00. Dapat dilihat pada Tabel 4.4 bahwa nilai selisih kuat medan pada jarak antara 20-60 km dari stasiun transmisi berkisar 29-30 dB μ V/m. Untuk memperbesar nilai kuat medan yang diterima oleh titik uji, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah peningkatan daya dari pemancar.

4.2.3 Jam dan Bulan Berbeda

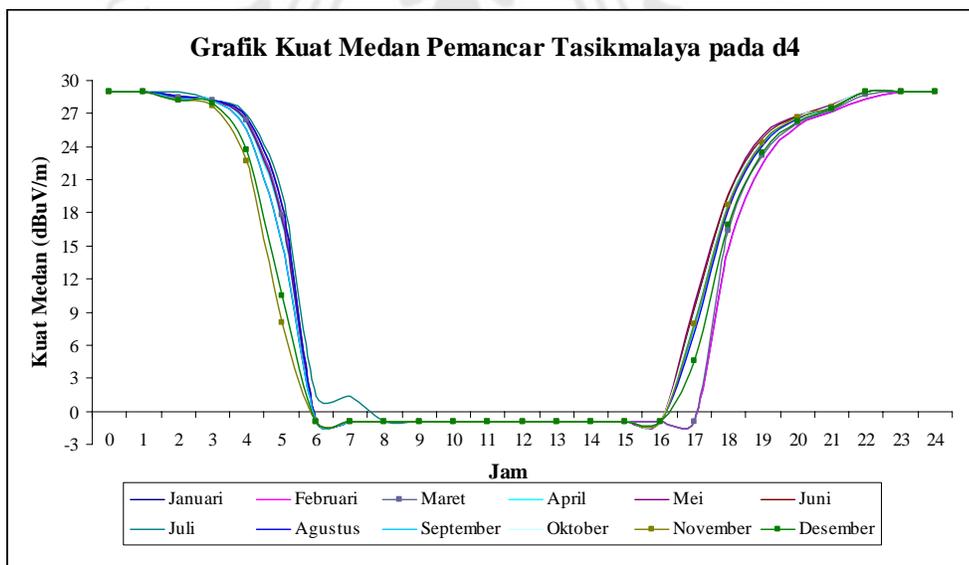
Pada perhitungan propagasi *sky wave* ini, bulan dibuat bervariasi dari bulan Januari hingga Desember dan jam pun juga demikian dari pukul 00.00 hingga pukul 24.00. Perhitungan diambil di enam titik uji di mana terdapat tiga titik uji untuk setiap stasiun transmisi. Data stasiun transmisi yang diambil adalah Stasiun Bogor dan Tasikmalaya yang terletak di Pulau Jawa.

Hasil perhitungan kuat medan pada propagasi *sky wave* ditunjukkan pada Tabel 3.6. Pada Tabel 3.6 tertera bahwa perhitungan diambil dengan bervariasi bulan dan jam. Dengan menerapkan bahwa adanya ketidaktepatan seperti telah dijelaskan pada subbab 4.2.1, maka dapat disimpulkan bahwa waktu yang tepat untuk hasil perhitungan yang dilakukan oleh *software* ChirPlus adalah tujuh jam lebih telat. Hasil perhitungan pada Tabel 3.6 untuk stasiun Bogor dengan penerima berjarak d1 dirangkum pada Gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8 Grafik Kuat Medan Pemancar Bogor pada d1

Gambar 4.8 berupa grafik kuat medan pada stasiun pemancar Bogor pada penerima berjarak d1 dari stasiun pemancar. Variasi bulan pada Gambar 4.8 tidak terlalu mempengaruhi nilai kuat medan yang dihitung pada titik-titik uji. Hal ini terlihat pada Gambar 4.8 bahwa kurva-kurva kuat medan untuk bulan Januari hingga Desember hampir berimpitan dan tidak mengalami perbedaan signifikan.



Gambar 4.9 Grafik Kuat Medan Pemancar Tasikmalaya pada d4

Gambar 4.9 berupa grafik kuat medan pada stasiun pemancar Tasikmalaya pada penerima berjarak d_4 dari stasiun pemancar. Variasi bulan pada Gambar 4.9 tidak terlalu mempengaruhi nilai kuat medan yang dihitung pada titik-titik uji. Hal ini terlihat pada Gambar 4.9 bahwa kurva-kurva kuat medan untuk bulan Januari hingga Desember hampir berimpitan dan tidak mengalami perbedaan signifikan.

Berdasarkan Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 dapat dilihat pula bahwa variasi nilai kuat medan terhitung dapat dikatakan tidak ada. Hal ini terjadi karena musim yang berpengaruh sangat besar pada lapisan ionosfer di Indonesia tidak bervariasi. Hanya ada dua musim yang berlaku di Indonesia, yaitu musim panas dan musim hujan karena Indonesia terletak di daerah ekuator. Perbedaan musim panas dan musim hujan di Indonesia pun tidak signifikan sehingga lapisan ionosfer di atas Indonesia pun hanya mengalami sedikit variasi. Akibatnya, nilai kuat medan yang diukur pun dapat dikatakan hampir sama.

Propagasi sky wave sangat dipengaruhi oleh aktivitas matahari yang ditandai dengan faktor L_r pada persamaan (4.5). Salah satu parameter yang dapat mengukur aktivitas matahari ialah nilai *sunspot*. Nilai *sunspot* yang digunakan berbeda-beda, tergantung bulan dan tahun perhitungan. Variasi nilai *sunspot* yang digunakan dalam perhitungan dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Berdasarkan *software* dari ITU-R, nilai *sunspot* tidak akan mempengaruhi nilai kuat medan pada propagasi *sky wave* di Indonesia. Hal ini ditunjukkan pada *source code lossfact.c* yang terlampir pada Lampiran L2. Cuplikan *source code* dari Lampiran L2 berikut yang menentukan seberapa besar pengaruh dari nilai *sunspot*.

```

if ((lat >= 20.0 && lat <= 90.0) && (lon <= -20.0 && lon >= -
170.0))
    b = 4;    /* North America */
else if ((lat >= 35.0 && lat <= 90.0) && (lon >= 10.0 && lon <=
30.0))
    b = 1;    /* Europe */
else if ((lat >= 35.0 && lat <= 90.0) && (lon >= 10.0 && lon <=
30.0))
    b = 1;    /* Australia */
else
    b = 0;    /* None of the above */    ...    (4.9)

```

Posisi geografis Indonesia terletak antara koordinat 6°LU - 11°08'LS dan 97° - 141°45'BT. Bila garis lintang diberi variabel *lat* dan garis bujur diberi

variabel lon , maka Indonesia tidak termasuk tiga kondisi pertama yang memberikan nilai b lebih besar dari 0. Oleh karena itu, b bernilai 0.

$$loss += 0.01 * b * ssn \quad \dots \quad (4.10)$$

Persamaan (4.10) merupakan kutipan dari lampiran B.4. Variabel $loss$ adalah rugi-rugi akibat aktivitas matahari dan variabel ssn adalah nilai sunspot. Berdasarkan persamaan (4.9), daerah dengan posisi geografis seperti Indonesia memiliki $b=0$. Kemudian, nilai b ini dimasukkan ke persamaan (4.10). Karena b bernilai 0, maka berapapun nilai sunspot yang diberikan tidak akan mempengaruhi nilai rugi-rugi akibat aktivitas matahari.



BAB V

KESIMPULAN

Ada dua tipe propagasi dari stasiun pemancar hingga mencapai perangkat penerimaan radio AM, yaitu *ground wave* dan *sky wave*. Dua macam tipe propagasi ini mempengaruhi nilai kuat medan yang diterima oleh titik-titik uji yang berjarak sekitar 20-60 km dari stasiun pemancar dengan interval 20 km.

Pada propagasi *ground wave*, ada beberapa hal penting yang dapat disimpulkan :

1. Kuat medan berbanding terbalik dengan jarak. Semakin jauh jarak titik-titik penerimaan dari stasiun pemancar, semakin rendah kuat medan yang diterima.
2. Kuat medan berbanding lurus dengan konduktivitas tanah untuk jarak yang konstan. Semakin besar nilai konduktivitas tanah, maka semakin tinggi pula nilai kuat medan yang diterima.

Pada propagasi *sky wave*, semua data dianalisa dengan asumsi bahwa hasil perhitungan oleh *software* ChirPlus lebih dulu 7 jam dianggap benar. Oleh karena itu, ada beberapa hal penting yang dapat ditarik kesimpulan. Kesimpulan yang dimaksud adalah sebagai berikut :

1. Nilai kuat medan minimum akan terjadi pada siang hari yaitu sekitar satu jam dari matahari terbit hingga satu jam sebelum matahari terbenam.
2. Nilai kuat medan maksimum akan terjadi pada malam hari yaitu sekitar empat jam dari matahari terbenam hingga tiga jam sebelum matahari terbit.
3. Pada waktu terjadinya matahari terbit dan terbenam, terjadi penurunan atau peningkatan nilai kuat medan secara drastis.
4. Daerah berjarak hingga 20 km dari stasiun pemancar merupakan *quiet zone* dan area berjarak 40 hingga 60 km dari stasiun pemancar merupakan *sky wave zone*.
5. Selisih kuat medan maksimum dan minimum pada jarak 20-60 km dari stasiun pemancar adalah berkisar 29 – 30 dB μ V/m.

6. Variasi nilai kuat medan terhitung selama satu tahun di Indonesia tidak bervariasi karena perbedaan kondisi musim tiap bulan di Indonesia tidak mengalami perubahan signifikan.
7. Akibat posisi geografis Indonesia yang terletak di daerah ekuator, maka nilai *sunspot* tidak mempengaruhi kuat medan pada propagasi *sky wave*.



DAFTAR ACUAN

- [1] “_____”, “*Perencanaan Frekuensi Radio Siaran MW (AM) di Indonesia*”, Direktorat Spektrum Frekuensi Radio dan Orbit Satelit Ditjen Postel Departemen Kominfo, Jakarta, 2005.
- [2] Alan G. Davies, “*Radio Stations in Indonesia*”, Asiawaves: Radio and TV Broadcasting in South and South-East Asia, <http://www.asiawaves.net/>, diakses 28 Februari 2008.
- [3] John S. Seybold, “*Introduction to RF Propagation*”, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2005.
- [4] “_____”, “*World Atlas of Ground Conductivities*”, Recommendation P.832-2, ITU-R, 1999.
- [5] Herve Sizun, “*Radio Wave Propagation for Telecommunication Applications*”, terj. Pierre de Fornel, Publisher : Springer-Verlag, Berlin, 2005.
- [6] William Sinnema, “*Electronic Transmission Technology*”, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1988.
- [7] Les W Barclay, “*Propagation of Radiowaves*”, Publisher : The Institution of Electrical Engineers, London, 2003.
- [8] “_____”, “*Circular of Basis Indices for Ionospheric Propagation*”, ITU-R, <http://www.itu.int/ITU-R/study-groups/docs/rsg3-indices/index.html>, diakses 28 Februari 2008.

- [9] “_____“, “*Sky-Wave Field-Strength Prediction Method for The Broadcasting Service in the Frequency Range 150 to 1600 kHz*”, Recommendation P.435-7, ITU-R, 1992.
- [10] “_____“, “*Prediction of Sky-Wave Field Strength at Frequencies Between about 150 and 1700 kHz*”, Recommendation P.1147-1, ITU-R, 1999.
- [11] “_____“, “*LF/MF Sky-Wave Propagation (Rec. 435)*”, Study Group 3 ITU-R, <http://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=documents&link=rsg3&lang=en>, diakses 18 Maret 2008.



LAMPIRAN

L1. HOURLOSS.C

```
#include <math.h>

#define D2R      0.01745329251  /* Convert degrees to radians
*/
#define R2D      57.295779513  /* Convert radians to degrees
*/
#define Rz      6370.0          /* Radius of earth in km */

/*-----
HOURLY LOSS COMPUTATION
=====

Input:
  tlat,tlong: Latitude & longitude of transmitter in radians
  rlat,rlong: Latitude & longitude of receiver in radians
  month:      Month
  gmt:        Universal time

Return:
  Hourly loss factor in dB
-----*/

int hflag = 0; /* Error flag indicating status of calculation
0 = Computation successful
1 = Approximation (Daytime hours),    hloss =
30.0;
-1 = Unable to compute sunrise/sunset, hloss =
0.0; */

/* Fifteenth day of each month */
int numdays[12] =
{ 15,46,74,105,135,166,196,227,258,288,319,349 };

double Hourly_Loss (double tlat, double tlong, double rlat, double
rlong,
                    int month, double gmt)
{
  double lat,lon, lat2,lon2, gcd,dist,azim, sunrise,sunset,
sunrise2,sunset2;
  double lmt,lmt2,lmt3, rise,set, t1,t2,t3, loss;
  double GCDist (double,double,double,double);
  double Bearing (double,double,double,double);
  void Find_Point (double lat1, double long1, double azim,
double dist,
                  double *lat2, double *long2);

  hflag = 0;
  gcd = GCDist (tlat, tlong, rlat, rlong);
```

```

if (gcd*Rz < 2000.0) { /* Take mid point between Tx and Rx */
    dist = gcd / 2.0;
    azim = Bearing (tlat, tlong, rlat, rlong);
    Find_Point (tlat, tlong, azim, dist, &lat, &lon);
    SunTime (lat, lon, (double)numdays[month-1], &sunrise,
&sunset);
}
else { /* Take 750 km from terminal where sun rises first or
sets last */
    dist = 750.0 / Rz;
    azim = Bearing (tlat, tlong, rlat, rlong);
    Find_Point (tlat, tlong, azim, dist, &lat, &lon);
    SunTime (lat, lon, (double)numdays[month-1], &sunrise,
&sunset);

    azim = Bearing (rlat, rlong, tlat, tlong);
    Find_Point (rlat, rlong, azim, dist, &lat2, &lon2);
    SunTime (lat2, lon2, (double)numdays[month-1], &sunrise2,
&sunset2);
    if (sunrise2 < sunrise) {
        sunrise = sunrise2;
        sunset = sunset2;
        lat = lat2;
        lon = lon2;
    }
    if (sunrise == -1) { /* Unable to compute sunrise/sunset
times */
        hflag = -1;
        return (0.0);
    }
}

lmt = gmt + (lon*R2D)/15.0;
if (lmt < 0.0) lmt += 24.0;
if (lmt >= 24.0) lmt -= 24.0;

rise = lmt - sunrise;
set = lmt - sunset;
if (rise < 0) set += 24.0;
if (lmt > 12) rise -= 24.0;

if (rise > -3 && rise < 1) { /* Compute hourly loss near
sunrise */
    t1 = rise;
    t2 = t1 * t1;
    t3 = t2 * t1;
    loss = 9.6 + 12.2*t1 + 5.62*t2 + 0.86*t3;
}
else if (set > -1 && set < 4) { /* Compute hourly loss near
sunset */
    t1 = set;
    t2 = t1 * t1;
    t3 = t2 * t1;
    loss = 12.40 - 9.248*t1 + 2.892*t2 - 0.3343*t3;
}
else if (rise >= 1 || set <= -1) {
    hflag = 1;
    loss = 30.0; /* daytime loss */
}
}

```

```

else
    loss = 0.0;
return (loss);
}

/*-----
-----
COMPUTATION OF SUNRISE & SUNSET TIMES (based on 15th day of the
month)
=====

Input:
dlat:      Geographic latitude of point in radians
dlong:     Geographic longitude of point in radians
numdays:  Time since 0000 hrs, 1 January in days

Output:
sunrise:   Local mean time of sunrise at point in hours
sunset:    Local mean time of sunset at point in hours
-----*/

SunTime (double dlat, double dlong, double ndays, double *sunrise,
double *sunset)
{
    double x, h1,h2, sin_s, cos_s;
    double zdist;      /* Sun's zenith distance in radians */
    double obs;        /* Observers's longitude in hours */
    double tm;         /* Time since 0 hrs, 1 Jan in days */
    double mean;       /* Sun's mean anomaly in degrees */
    double sun_long;   /* Sun's longitude in degrees */
    double sun_rt_asc; /* Sun's right ascension in hours
                        (must be in same quadrant as sun_long */

    *sunrise = 6.0;    /* First approximation of sunrise 0600
hrs lmt. */
    zdist = 90.8333 * D2R; /* ie. 90ø 50' */
    obs = dlong*R2D / 15.0;
    tm = ndays + (*sunrise-obs)/24.0;
    mean = 0.9856 * tm - 3.289;
    sun_long = mean + 1.916 * sin(mean*D2R) + 0.02 * sin(2*mean*D2R)
+ 282.634;
    if (sun_long > 360.0)
        sun_long -= 360.0;

    sun_rt_asc = atan (0.91746 * tan(sun_long*D2R)) * R2D;
    if (sun_long <= 180.0 && sun_rt_asc < 0)
        sun_rt_asc += 180.0;
    else if (sun_long > 180.0)
        sun_rt_asc += (sun_rt_asc > 0) ? 180.0 : 360.0;
    sun_rt_asc /= 15.0;

    sin_s = 0.39782 * sin(sun_long*D2R);
    cos_s = sqrt ( 1.0 - (sin_s*sin_s) );
    x = (cos(zdist) - sin_s * sin(dlat)) / (cos_s * cos(dlat));
    if (fabs(x) > 1.0) {

```

```

        *sunrise = -1.0;
        *sunset = -1.0;
    }
    else {
        h1 = acos(x)*R2D / 15.0;
        h2 = sun_rt_asc - 0.06571 * tm - 6.622;
        *sunrise = h2 - h1 + 24;
        *sunset = h2 + h1;
        if (*sunrise >= 24.0) *sunrise -= 24.0;
        if (*sunset < 0.0) *sunset += 24.0;
    }
}
/*----- End of Hourly Loss Computation -----
-----*/

```

L2. LOSSFACT.C

```

#include <math.h>

#define sign(x,y) ((y) < 0) ? -(x):(x)
#define D2R      0.01745329251 /* Convert degrees to radians
*/
#define R2D      57.295779513 /* Convert radians to degrees
*/
#define Rz       6370.0 /* Radius of earth in km */

/*-----
--
COMPUTATION OF LOSS TERM
=====
Note: If frequency lies between 285 and 520, this function
should
      be call twice; once for band=5, and again for band=6

Input:
band:      Band 5 or 6, for which calculations will be based
tlat,tlong: latitude & longitude in radians of transmitter
rlat,rlong: latitude & longitude in radians of receiver
freq:      Frequency in kHz (range 150 - 1600 kHz)
ssn:       Sunspot number (R12)

Return:
Loss term
(Loss excluding hourly loss factor and polarization coupling
loss)
-----
-*/

double Loss_Factor (int band, double tlat, double tlong, double
rlat,
                    double rlong, double freq, int ssn)
{
    int i, loss_region();
    double b, loss, gcdkm, tglat, rglat, phi[2], nphi;
    double GCDist(), GMLat();

```

```

/***** Determine Regional Loss Factor *****/
if (band == 6)
    b = (loss_region(tlat,tlong) + loss_region(rlat,rlong)) / 2.0;
else
    b = 0;

/***** Compute Basic Loss Factor *****/
gcdkm = GCDist(tlat,tlong, rlat,rlong) * Rz;
tglat = GMLat (tlat,tlong) * R2D;
rglat = GMLat (rlat,rlong) * R2D;

if (gcdkm < 3000.0) { /* For distances less than 3000 km */
    phi[0] = 0.5 * (tglat + rglat);
    nphi = 1;
}
else { /* For distances greater than 3000 km
*/
    phi[0] = (3.0*tglat + rglat) / 4.0;
    phi[1] = (tglat + 3.0*rglat) / 4.0;
    nphi = 2;
}
loss = 0.0;
for (i=0; i<nphi; i++) {
    if (fabs(phi[i]) > 60.0)
        phi[i] = sign (60.0,phi[i]);
    phi[i] = (phi[i] + 3.0) * D2R;
    loss += 3.2 + 0.19 * pow(freq,0.4) * pow(tan(phi[i]),2.0);
}
loss /= nphi; /* Basic loss factor */

loss += 0.01 * b * ssn; /* combined loss factor */
return (loss);
}

int loss_region (lat_rad, lon_rad)
double lat_rad, lon_rad; /* Latitude & longitude of point (in
radians) */
{
    int b; /* loss region */
    double lat,lon;

    lat = lat_rad * R2D;
    lon = lon_rad * R2D;
    if ((lat >= 20.0 && lat <= 90.0) && (lon <= -20.0 && lon >= -
170.0))
        b = 4; /* North America */
    else if ((lat >= 35.0 && lat <= 90.0) && (lon >= 10.0 && lon <=
30.0))
        b = 1; /* Europe */
    else if ((lat >= 35.0 && lat <= 90.0) && (lon >= 10.0 && lon <=
30.0))
        b = 1; /* Australia */
    else
        b = 0; /* None of the above */
    return (b);
}
/*----- End of Basic Loss Factor Computation -----
-----*/

```