

# **Aplikasi MSILRI03 Untuk Prediksi MUF Komunikasi HF Sumedang-Manado dan Sumedang-Thailand**

*Buldan Muslim dan Syarifudin*

*Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi*

*Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, LAPAN*

*Jl. Dr. Junjunan 133 Bandung 40173*

*[buldanms@lycos.com](mailto:buldanms@lycos.com)*

## **Abstrak**

Model sederhana ionosfer lintang rendah Indonesia versi tahun 2003 (MSILRI03) merupakan hasil verifikasi dan revisi MSILRI tahun 2002 (MSILRI02). Parameter yang telah dimodelkan adalah median bulanan frekuensi kritis lapisan F2 ionosfer ( $f_oF_2$ ) dan faktor propagasi pada jarak 3000 km ( $M(3000)F_2$ ). Dari dua parameter tersebut dapat ditentukan nilai median bulanan frekuensi HF yang tertinggi yang masih dapat dipantulkan oleh ionosfer yang biasa disingkat dengan MUF (maximum usable frequency). Parameter input MSILRI adalah indek bilangan sunspot yang telah dihaluskan dengan rata-rata bergerak 12 bulanan, R12. Menggunakan nilai R12 yang telah diprediksi maka MUF untuk beberapa bulan yang akan datang dapat diprediksi. Akurasi prediksi MUF MSILRI03 dihitung berdasarkan nilai MUF pengamatan menggunakan oblique sounding Thailand-Sumedang dan Manado-Sumedang.

*Kata kunci: Ionosfer, lintang rendah, model, prediksi, MUF*

## **1. Pendahuluan**

Model Sederhana Ionosfer Lintang Rendah Indonesia versi tahun 2003 (MSILRI03) merupakan model ionosfer hasil verifikasi dan revisi MSILRI versi 2002 (MSILRI02). Hasil verifikasi menunjukkan bahwa untuk ketergantungan ionosfer lintang rendah di sektor Indonesia terhadap lintang geografi dapat

ditingkatkan akurasi menggunakan polinom dengan orde yang lebih tinggi dari orde 3 yang selama ini digunakan dalam MSILRI02. Karena setelah digunakan data Sumedang polinom orde 3 tidak dapat mewakili karakteristik anomali ionisasi di lintang rendah yang terbentang dari lintang  $-12$  sampai  $14$  derajat yang pada saat tertentu variasi lintang ionosfer bisa muncul dua puncak atau lembah. Karakteristik yang demikian ini dapat diestimasi dengan baik menggunakan polinom orde 5. Tetapi jika digunakan polinom orde 5 dengan hanya menggunakan 5 titik koordinat pengamatan ionosfer di Manila ( $14.7, 121.1$ ), Singapura ( $1.3, 103.8$ ), Vanimo ( $-2.7, 141.3$ ), Sumedang ( $-6.54, 107.9$ ) dan Darwin ( $-12.45, 130.95$ ) diperoleh hasil yang tidak sesuai untuk daerah lintang antara  $1.7$  sampai  $14$  derajat. Maka untuk mengatasi masalah ini telah digunakan bantuan model IRI 2001 untuk titik koordinat ( $6, 107$ ) dan ( $10, 107$ ).

MSILRI03 sampai saat ini baru terbatas pada parameter frekuensi kritis lapisan F2 ionosfer, foF2 (frekuensi gelombang HF yang masih dapat dipantulkan ionosfer dengan sudut pancar vertikal), M(3000)F2 (faktor MUF pada propagasi pada jarak 3000 km terhadap foF2) dan TEC (total electron content). Untuk parameter TEC data yang digunakan untuk membuat model adalah data TEC dari pengamatan GPS TEC Meter Bandung tahun 1996 – 2001. Verifikasi dan revisi baru dilakukan untuk dua parameter pertama sedangkan untuk parameter terakhir belum dilakukan mengingat keterbatasan data TEC yang telah diperoleh.

Untuk komunikasi HF jarak jauh, diperlukan informasi frekuensi tertinggi yang masih dapat dipantulkan ionosfer. Frekuensi maksimum tersebut dikenal dengan MUF (*maximum usable frequency*). Dengan adanya informasi MUF para pengguna frekuensi HF dengan alat pada frekuensi tetap dapat menjadwalkan penggunaan frekuensi yang mereka miliki. Sedangkan para pengguna frekuensi HF variabel dapat memilih frekuensi dibawah frekuensi MUF agar komunikasi HF dapat berhasil sepanjang hari secara optimum. Informasi dapat diperoleh dari beberapa software prediksi propagasi gelombang

radio HF, baik yang tersedia bebas di internet maupun software komersil seperti ASAPS yang selama ini dipakai oleh Pusfatsainsa.

Seiring dengan pelayanan informasi komunikasi HF yang sedang berjalan menggunakan ASAPS, telah dilakukan beberapa peningkatan akurasi prediksi MUF. Upaya tersebut antara lain dengan membuat prediksi MUF tiga bulanan, ataupun dengan menggunakan indek T global yang telah dikoreksi. Upaya peningkatan akurasi prediksi MUF juga dapat dilakukan dengan model ionosfer regional yang telah dan sedang dikembangkan yaitu MSILRIO3. Hasil prediksi MUF yang diturunkan dari MSILRI kemudian dibandingkan dengan MUF pengamatan oblique sounding yang diterima di Sumedang.

## **2. Metode Prediksi MUF dari MSILRIO3**

Prediksi MUF bulanan dapat diperoleh melalui beberapa tahap perhitungan. Yang paling awal adalah prediksi parameter input MSILRIO3. Input model MSILRIO3 hanya satu parameter yaitu R12. Prediksi R12 dapat diperoleh dari internet ataupun dari prediksi JFBRR12.

Setelah prediksi R12 untuk bulan tertentu diperoleh tahap selanjutnya adalah sebagai berikut:

### **2.1 Penentuan panjang lintasan**

$$\cos d = \sin x_1 \sin x_2 + \cos x_1 \cos x_2 \cos (y_1 - y_2) \quad (1)$$

di mana:

d adalah jarak lintasan dalam radian

x1 = lintang pemancar

x2 = lintang penerima

y1 = bujur pemancar

y2 = bujur penerima

Setelah jarak lintasan diperoleh dapat juga walaupun tidak perlu untuk perhitungan MUF segera dapat dihitung bearing transmitter ke receiver dan sebaliknya menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} \cos b_1 &= (\sin x_2 - \sin x_1 \cos d) / (\cos x_1 \sin d) \\ \cos b_2 &= (\sin x_1 - \sin x_2 \cos d) / (\cos x_2 \sin d) \end{aligned} \quad (2)$$

di mana  $b_2$  adalah bearing transmitter ke receiver

$b_2$  adalah bearing receiver ke transmitter

## 2.2 Pendefinisian titik kontrol daerah pantulan ionosfer

Dengan asumsi komunikasi HF dilakukan pada jarak tidak lebih dari 4000 km, menggunakan 1 pantulan di lapisan F2 ionosfer maka titik kontrol daerah pantulan adalah di titik tengah jarak lintasan antara transmitter ke receiver yaitu  $d_n = d/2$ .

## 2.3 Penentuan koordinat daerah pantulan

Koordinat daerah pantulan gelombang HF di ionosfer dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} x_n &= 90 - \arccos(\cos d_n \sin x_1 + \sin d_n \cos x_1 \cos b_1) \\ y_n &= y_1 - ((\cos d_n - \sin x_n \sin x_1) / (\cos x_n \cos x_1)) \\ g_n &= 90 - \arccos(\sin 78.5 \sin x_n + \cos 78.5 \cos x_n \cos (y_n - 69)) \end{aligned} \quad (3)$$

di mana:

$d_n$  = jarak angular titik pantul dari transmitter

$x_n$  = lintang geografi titik pantul

$y_n$  = bujur geografi titik pantul

$g_n$  = lintang geomagnet titik pantul

## 2.4 Perhitungan jarak maksimum untuk single hop F2 mode.

Propagasi gelombang HF di permukaan bumi dapat melalui beberapa pantulan di lapisan F2 ionosfer (multi hop F2 mode) maupun hanya melalui satu kalipantulan di lapisan F2 ionosfer (single hop F2 mode).

Untuk single hop F2 mode jarak maksimum antara transmitter sampai receiver dapat ditentukan melalui persamaan:

$$d_{\max} = 4780 \cdot (12610 + 2140x^2 - 49720x^4 - 68800x^6) (1/\beta - 0.303) \quad (4)$$

di mana:

$$\beta = M(3000)F2 - 0.124 + ((M(3000)F2)^2 - 4) \cdot (0.0215 + 0.005 \sin((7.854/x) - 1.9635))$$

$x = foF2 / foE$ , atau  $= 2$ , mana yang lebih besar

Dengan asumsi  $foF2$  selalu lebih besar dari  $foE$  untuk ionosfer di Indonesia (masih perlu dibuktikan) maka  $x$  ditentukan sama dengan 2.

## 2.5. MUF F2 Dasar

MUF(D)F2 Dasar dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$MUF(D)F2 = (1 + (CD / C3000) (\beta - 1)) \cdot foF2 + (H / 2) (1 - (D / d_{\max})) \quad (5)$$

di mana:

$H$  = frekuensi gyro pada ketinggian 300 km.

$$CD = 0.74 - 0.591 Z - 0.424 Z^2 - 0.090 Z^3 + 0.088 Z^4 + 0.181 Z^5 + 0.096 Z^6$$

$$Z = 1 - 2D / d_{\max}$$

C3000 adalah nilai CD pada  $D = 3000$  km di mana D adalah jarak receiver dari transmitter (km),  $\beta$  lihat pada keterangan persamaan (4)

Setelah MUF dapat dihitung dengan R12 hasil perhitungan (bulan prediksi) maka langkah selanjutnya adalah membandingkan MUF MSILRI dengan pengamatan MUF menggunakan oblique sounding. Selisih MUF MSILRI dengan MUF oblique sounding pada jarak yang berbeda-beda dapat digunakan untuk koreksi MUF MSILRI. Koreksi MUF MSILRI dapat diformulasikan sebagai fungsi jarak sehingga fungsi koreksi tersebut dapat ditambahkan untuk rumus MUF persamaan (5), sehingga dapat dituliskan sebagai:

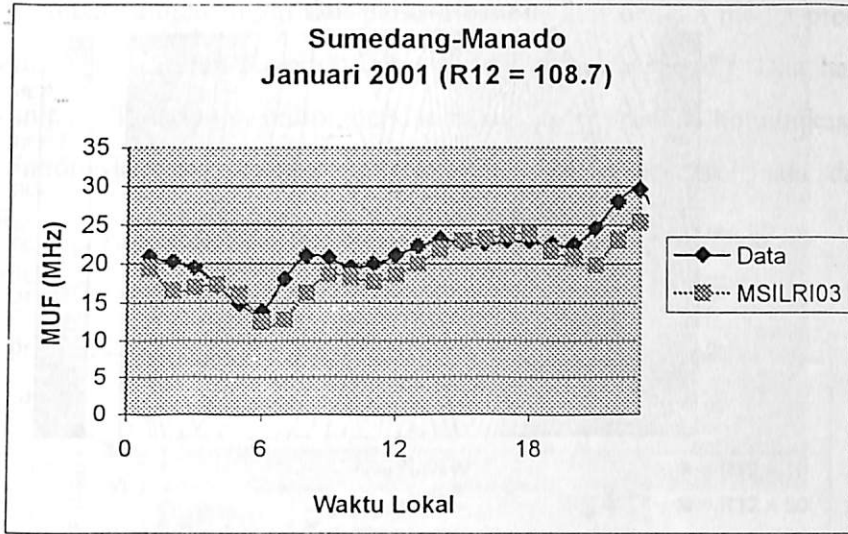
$$\text{MUF}(D)F_2 = (1 + (CD / C3000) (\beta - 1)) \cdot f_oF_2 + (.H / 2) (1 - (D / d_{\max})) + mD + C \quad (6)$$

di mana m adalah gradien selisih antara MUF Oblique terhadap MUF MSILRI, dan C adalah nilai koreksi MUF pada jarak  $D = 0$ .

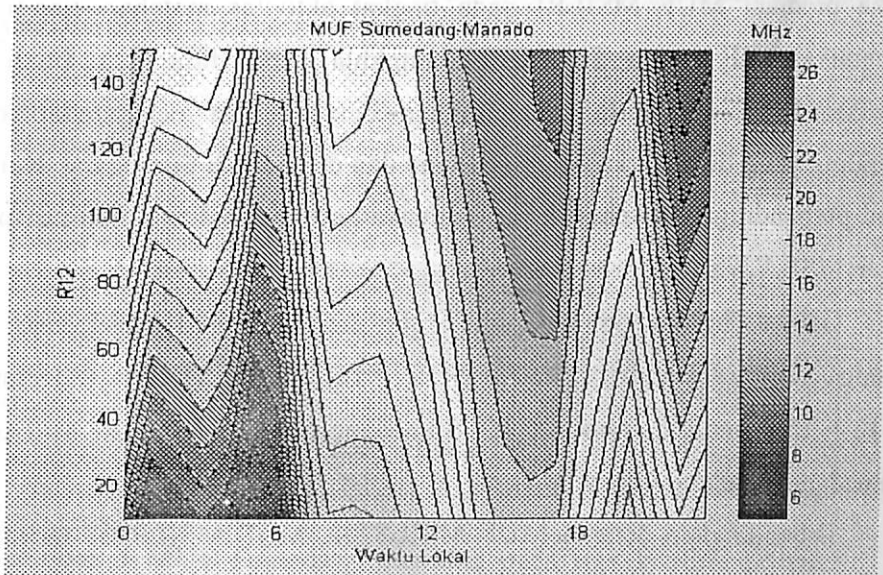
### 3. Hasil dan Pembahasan

Menggunakan metode yang telah dijelaskan telah dihasilkan prediksi MUF Sumedang-Manado untuk Januari 2001 (dengan  $R12 = 108.7$ ) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Perbandingan MUF MSILRI03 dengan data pengamatan juga diperlihatkan. Terlihat bahwa pola diurnal MUF MSILRI03 telah dapat mendekati pola MUF pengamatan oblique sounding Manado-Sumedang. Tetapi rata-rata MUF MSILRI03 lebih rendah dari MUF pengamatan. Simpangan mutlak rata-rata MUF MSILRI03 terhadap data pengamatan adalah sebesar 2.8 MHz (13.8 %).

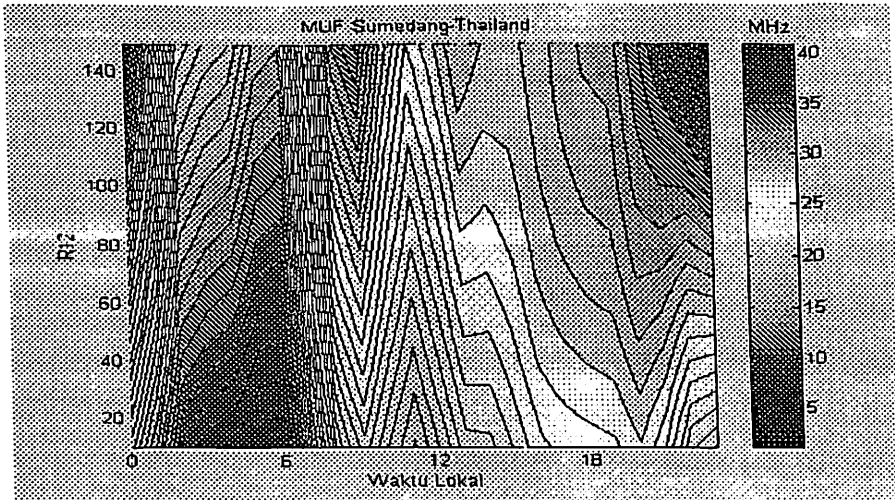
Adapun MUF Sumedang-Manado pada kondisi aktivitas matahari yang berbeda-beda sebagaimana diindikasikan oleh indek matahari R12 diperlihatkan pada Gambar 2. Dari gambar tersebut ditunjukkan bahwa MUF Sumedang-Manado bervariasi mulai sekitar 5 MHz sampai 27 MHz mulai dari aktivitas matahari rendah ( $R12 = 10$ ) sampai tinggi ( $R12 = 150$ ).



Gambar 1. Perbandingan prediksi MUF MSILRI03 dengan data pengamatan untuk komunikasi Sumedang-Manado pada bulan Januari dengan R12 sebesar 108.7.



Gambar 2 Pola variasi diurnal MUF Sumedang-Manado mulai kondisi aktivitas matahari rendah (R12 = 10) sampai tinggi (R12 = 150).



Gambar 3 Variasi diurnal MUF Sumedang-Thailand (Shongkhla) mulai aktivitas matahari rendah ( $R12 = 10$ ) sampai tinggi ( $R12 = 150$ ).

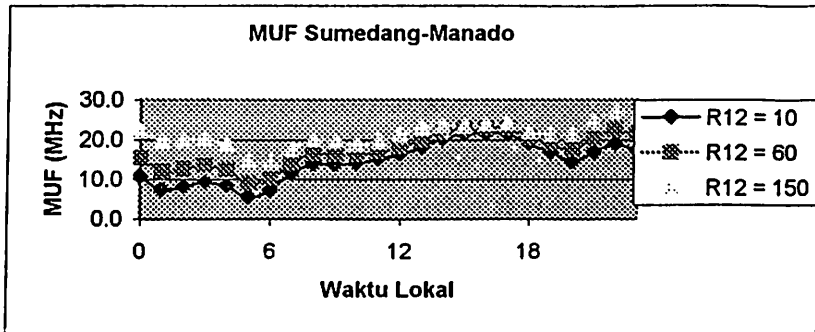
Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa MUF MSILRI untuk komunikasi HF Sumedang-Thailand (Shongkhla) bervariasi mulai sekitar 5 MHz sampai 41 MHz. Mengingat frekuensi 41 MHz secara klasik bukan dalam spektrum HF maka prediksi MUF MSILRI pada tingkat aktivitas matahari tinggi untuk komunikasi HF antara Sumedang-Shongkhla perlu ditinjau kembali. Nilai prediksi MUF ini perlu dibandingkan dengan data pengamatan oblique sounding yang dipancarkan dari Thailand dan diterima di Sumedang. Kemudian hasil perbandingan tersebut dapat digunakan sebagai bahan perbaikan prediksi MUF MSILRI03.

Gambar berikutnya memperjelas pola diurnal MUF MSILRI03 pada 3 kondisi aktivitas matahari; rendah ( $R12 = 10$ ), sedang ( $R12 = 60$ ) dan tinggi ( $R12 = 150$ ) untuk komunikasi HF Sumedang-Manado (Gambar 4) dan antara Sumedang-Thailand (Gambar 5).

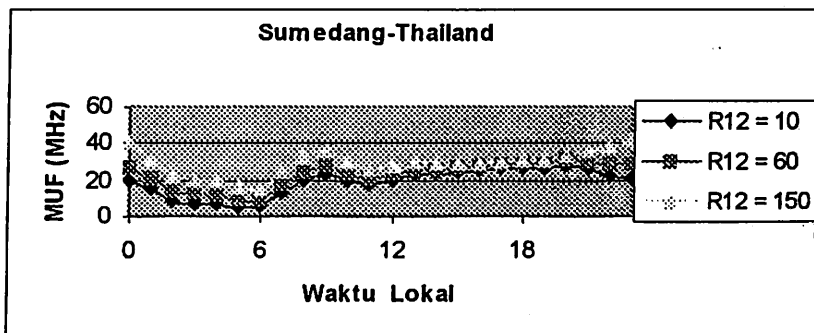
Dibandingkan dengan MUF MSILRI02, MUF MSILRI03 terlihat lebih akurat sekitar 2.7 % sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1. Walaupun demikian prediksi MUF Sumedang-Manado dan Sumedang-Thailand tersebut masih perlu divalidasi menggunakan data pengamatan pada kondisi aktivitas



matahari rendah sampai tinggi dan perlu dibandingkan dengan model prediksi MUF lainnya yang telah tersedia yaitu ASAPS, Prolab Pro dll. Dan hal ini merupakan penelitian lanjut untuk mendapatkan model prediksi komunikasi HF di atas Indonesia yang diturunkan dari parameter yang telah ada dalam MSILRI03.



Gambar 4 MUF Sumedang-Manado pada tiga kondisi aktivitas matahari; rendah ( $R12 = 10$ ), sedang ( $R12 = 60$ ), dan tinggi ( $R12 = 150$ ).



Gambar 5 MUF Sumedang-Thailand pada tiga kondisi aktivitas matahari; rendah ( $R12 = 10$ ), sedang ( $R12 = 60$ ), dan tinggi ( $R12 = 150$ ).

Tabel 1. Peningkatan MSILRI setelah diupdate

MUF	MSILRI02	MSILRI03
Jan 01 Sum-Man	2.79 MHz (13.1 %)	2.80 MHz (13.8 %)
Apr 01 Sum-Thai	5.89 MHz (24.9 %)	3.99 MHz (16.7 %)
Rata-rata	4.34 MHz (19.0 %)	3.40 MHz (15.3 %)

#### 4. Kesimpulan

Prediksi MUF Sumedang-Manado dan Sumedang-Thailand telah dapat dilakukan menggunakan parameter yang telah dimodelkan dalam MSILRI03. Akurasi prediksi MUF MSILRI lebih besar dari 80 %. Dibandingkan dengan MUF MSILRI02 akurasi MUF MSILRI03 lebih tinggi sekitar 2.7 %. Validasi MUF MSILRI03 menggunakan data oblique sounding perlu dilakukan agar MSILRI dapat digunakan untuk prediksi MUF antar kota-kota besar di Indonesia pada kondisi aktivitas matahari mulai rendah sampai tinggi.

#### Daftar Pustaka

- Asnawi dan Muslim B., *Vaidasi foF2 dan M(3000)F2 Model MSILRI Terhadap Data Observasi Ionoosnde Vertikal di Indonesia*, Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya 2003, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuna Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 342-345, 2003.
- Muslim B., *Penentuan MUF Menggunakan Model Sederhana Ionosfer regional Indonesia*, 2002, Kontribusi Fisika Indonesia, Jurusan Fisika ITB, dalam proses penerbitan
- Muslim B., Tri Wahyu Agustina, Aries Kurniawan, Syarifudin dan Imam Syafe'I, *Verifikasi dan Revisi MSILRI02 Menggunakan Data Ionosonde*

Vertikal Sumedang dan Model IRI 2001, Prosiding Seminar Nasional Basic Science I, Januari 2004