

# Verifikasi Prediksi Frekuensi Komunikasi Hf Metode Asaps Dengan Data Ionosonde Oblique Manado-Sumedang

Habirun, Jiyo, M.Sjarifudin

## ABSTRACT

The HF radio communication frequency prediction based on ASAPS (*Advance Stand Alone Prediction Services*) method using global T index is used to obtain MUF (*Maximum Usable Frequency*) and LUF (*Lowest Usable Frequency*). MUF and LUF prediction will differ from MUF and LUF oblique sounding observation. This is due to the T index which is not representing local ionospheric condition. Ionospheric condition depends on the local time, solar activities, and location. This needs to be verified from ionospheric observation over circuit of limited area, i.e Manado-Sumedang. The local T index based on critical frequency ionospheric layer over Indonesia is obtained by using continue observation. The ASAPS method by using local T index input will produce HF frequency fitting suitable for local ionospheric condition.

## ABSTRAK

Prediksi frekuensi komunikasi radio HF dengan metode ASAPS (*Advance Stand Alone Prediction Services*) menggunakan indeks T global digunakan untuk memperoleh MUF (*Maksimum Usable Frequency*) dan LUF (*Lowest Usable Frequency*). Prediksi MUF dan LUF akan berbeda dengan MUF dan LUF yang ditentukan dari data pengamatan ionosonde oblique. Perbedaan tersebut disebabkan oleh indeks T yang tidak menggunakan perilaku ionosfer lokal. Karena perilaku lapisan ionosfer bergantung waktu lokal, aktivitas matahari, dan lokasi. Hal ini akan diverifikasi melalui pengamatan perilaku ionosfer di atas sirkuit area terbatas, yaitu Manado dan Sumedang. Dengan pengamatan yang kontinu akan diperoleh indeks T lokal, dihitung berdasarkan frekuensi kritis lapisan ionosfer wilayah Indonesia. Input metode ASAPS menggunakan indeks T lokal menghasilkan frekuensi komunikasi radio HF yang sesuai dengan perilaku ionosfer lokal.

## 1. PENDAHULUAN

Metode ASAPS (*Advance Stand Alone Prediction Services*) dengan input indeks T global telah digunakan untuk memprediksi frekuensi komunikasi radio HF yang disebarluaskan di seluruh wilayah Indonesia sejak tahun 1994 sampai sekarang. Metode ini digunakan untuk menentukan MUF (*Maximum Usable Frequency*) dan LUF (*Lowest Usable Frequency*) yang menyatakan nilai batas penggunaan frekuensi komunikasi radio HF antar tempat. Namun ketelitiannya perlu dikaji dengan menggunakan indeks T lokal. Indeks T

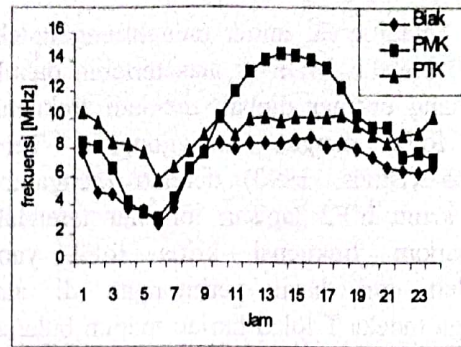
lokal adalah gambaran kuantitas gangguan terutama yang disebabkan oleh aktivitas matahari yang mempengaruhi lapisan ionosfer. Penentuan indeks T lokal dilakukan dengan dua cara, pertama ditentukan berdasarkan rata-rata median bulanan frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer dari stasiun pengamat ionosfer pada area Indonesia. Sedangkan penentuan indeks T lokal yang kedua berdasarkan barisan data MUF dari pengamatan ionosonde oblique Manado-Sumedang, yang digunakan verifikasi dalam uraian ini.

\*) Peneliti Bidang Komunikasi HF Puslitbang Pengetahuan Ionosfer

Perlu diketahui bahwa indeks T global ditentukan berdasarkan rata-rata frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer global. Dengan demikian gangguan ionosfer lokal tidak diperhitungkan seperti lokasi dan waktu lokal. Sedangkan perilaku lapisan ionosfer umumnya tergantung pada waktu lokal, aktivitas matahari, dan posisi tempat. Ketergantungan tersebut dinyatakan dengan perbedaan pola karakteristik frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer dari hasil pengamatan stasiun pengamat ionosfer Biak, Pameungpeuk, dan Pontianak pada jam yang sama mempunyai pola yang berbeda (Habirun, 1996), jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1-1.

Selanjutnya, untuk mengetahui ketelitian MUF hasil prediksi metode ASAPS dengan menggunakan input indeks T global maka dilakukan verifikasi dengan membandingkan MUF pengamatan dari perilaku lapisan ionosfer di atas wilayah Indonesia pada sirkit komunikasi area terbatas. Terutama dilakukan pada sirkit komunikasi antara Manado dan Sumedang berdasarkan barisan data MUF dari hasil pengamatan ionosonde oblique Manado-Sumedang.

Apabila frekuensi komunikasi yang dihitung menggunakan prediksi metode ASAPS dengan input indeks T global tidak sesuai dengan perilaku lapisan ionosfer wilayah Indonesia, maka perlu ditemukan indeks T lokal dari pengamatan untuk input prediksi metode ASAPS. Dari hasil pengamatan frekuensi kritis yang kontinu pada wilayah Indonesia ditemukan indeks T lokal. Indeks T lokal dihitung berdasarkan perilaku frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer lokal diamati dengan menggunakan ionosonde vertikal dan oblique. Tetapi dalam uraian verifikasi ini digunakan data indeks T lokal yang dihitung dari frekuensi kritis lapisan ionosfer, diamati menggunakan ionosonde oblique Manado-Sumedang. Dengan input prediksi metode ASAPS menggunakan indeks T lokal sehingga diperoleh frekuensi komunikasi radio HF yang sesuai perilaku ionosfer lokal.



Gambar 1-1 : POLA PENYEBARAN KARAKTERISTIK MEDIAN foF2 LAPISAN IONOSFER DARI DATA IONOSONDE PAMEUNGPEUK, BIAK, DAN PONTIANAK TIDAK SAMA TAHUN 1995 (HABIRUN, 1996)

## 1. DATA DAN PENGOLAHANNYA

### 2.1 Data

Data frekuensi komunikasi radio HF yang diperoleh menggunakan prediksi metode ASAPS dengan input indeks T global diverifikasi dengan data MUF pengamatan ionosonde oblique Manado-Sumedang terutama digunakan data pada bulan Februari 1997. MUF ionosonde oblique adalah MOF (*Maximum Observed Frequency*) yang diamati setiap jam selama satu bulan. Dalam selang waktu itu, diambil frekuensi maksimum yang kemudian disebut MUF, sedangkan LUF adalah frekuensi maksimum terkecil/minimum.

Hasil pengamatan yang diperoleh dengan menggunakan ionosonde oblique adalah frekuensi operasi, dan frekuensi operasi adalah frekuensi maksimum yang digunakan setiap saat oleh pengguna untuk berkomunikasi antar tempat terutama dalam sirkit komunikasi Manado-Sumedang. Sehubungan pemakaian frekuensi komunikasi selalu berubah-ubah dan tergantung pada kondisi lapisan ionosfer maka dalam satu bulan pada jam tertentu diperoleh satu nilai MUF maupun LUF, sehingga dalam 24 jam diperoleh nilai barisan MUF dan LUF (Patterson, 1989).

Perlu diketahui bahwa frekuensi operasi di atas adalah MOF (*Maximum Observed Frequency*) yang terdiri dari MUF menyatakan barisan frekuensi operasi maksimum terbesar setiap jam selama satu bulan dan LUF adalah

juga menyatakan barisan frekuensi operasi maksimum yang terkecil setiap jam selama satu bulan.

Selanjutnya, untuk menghitung indeks T lokal melalui MUF di atas terlebih dahulu gelombang ordiner diubah menjadi frekuensi kritis foF2 dengan menggunakan Teori Martyns (Davis, 1990) dengan mengambil tinggi semu h'F2 lapisan ionosfer terendah. Berdasarkan frekuensi kritis foF2 yang diperoleh dari hasil perhitungan di atas sehingga indeks T lokal harian maupun bulanan dapat dihitung melalui metode yang diuraikan Caruana (1989).

## 2.2 MUF Oblique Diubah Menjadi Frekuensi Kritis foF2

Mengingat indeks T lokal dalam uraian ini diturunkan dari frekuensi kritis foF2 sehingga MUF yang diperoleh dari pengamatan ionosonde oblique perlu diubah kedalam gelombang ordiner menjadi frekuensi kritis foF2. Hal itu dihitung dengan menggunakan Teori Martyns yang telah disebutkan dibagian 2.1 melalui metode scan yang dinyatakan (Davis., 1990) dengan persamaan (2-1) adalah

$$f_{ob} = k f_v \sec \Phi \dots\dots\dots(2-1)$$

dengan  $f_{ob}$  frekuensi operasi dari ionosonde oblique,  $f_v$  adalah foF2 yang akan dihitung, k adalah faktor koreksi untuk jarak komunikasi antara Manado dan Sumedang sebesar 1.081 yang dinyatakan oleh Albrecht (1970) dan  $\Phi$  sudut pancar. Dalam perhitungan  $f_v$  (frekuensi kritis foF2) menggunakan persamaan (2-1) berdasarkan asumsi bahwa bumi datar, akhirnya pola penjalaran gelombang radio dari pemancar dipancarkan melalui ionosfer hingga ke penerima berbentuk segitiga siku-siku dengan sikunya pada ketinggian maksimum penjalaran gelombang di ionosfer. Melalui asumsi itu perhitungan dapat digunakan formulasi Pythagoras dengan  $\sec \Phi = [1+(d/2h')^2]^{1/2}$ , d jarak komunikasi, h' ketinggian semu terendah lapisan F2,  $f_{ob}$  dan k diketahui sehingga  $f_v$  diperoleh.

## 2.3. Perhitungan Indeks T

Dari data frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer yang dihitung dari persamaan (2-1), ditentukan indeks T lokal pada sirkit komunikasi antara Manado-Sumedang, melalui korelasi aktivitas matahari yang dinyatakan oleh jumlah bilangan sunspot R terhadap parameter frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer. Korelasi tersebut dinyatakan dengan hubungan linear persamaan (2-2). Sedangkan perhitungan konstanta-konstanta regresi linear tersebut menggunakan jumlah bilangan sunspot sebagai indikator aktivitas matahari,  $R = 0$  (jumlah bilangan sunspot mencapai terendah) berarti  $T = 0$  demikian pula untuk  $R = 100$  (matahari sedang aktif),  $T = 100$  (Caruana.,1989) dan dinyatakan sebagai berikut :

$$f_i = a_i + b_i T_i \dots\dots\dots(2-2)$$

dengan  $f_i$  frekuensi kritis foF2,  $a_i, b_i$  konstanta regresi linear jam ke i dan  $T_i$  indeks T ke i.

Konstanta-konstanta regresi linear persamaan (2-2) dihitung menggunakan metode kuadrat terkecil. Apabila nilai-nilai konstanta itu dihitung melalui indeks aktivitas matahari seperti tersebut di atas maka indeks aktivitas matahari diambil  $T = 0$  dan  $T = 100$ , kemudian masing-masing konstanta dirumuskan sebagai persamaan (2-3) :

$$a = foF2(T=0) \dots\dots\dots(2-3)$$

$$b = [foF2(T=100)-foF2(T=0)]/100$$

Sehubungan persamaan (2-2) dan (2-3) maka indeks T dihitung melalui persamaan (2-4) yang dinyatakan sebagai berikut ;

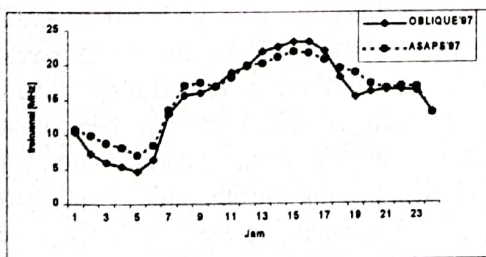
$$T = (f - a)/b \dots\dots\dots(2-4)$$

dengan f frekuensi kritis foF2. Dengan persamaan (2-4) maka indeks T lokal harian maupun bulanan jelas sudah dapat diperoleh. Perhitungan indeks T lokal harian dihitung berdasarkan rata-rata frekuensi kritis foF2 pada hari itu kemudian disubstitusikan pada persamaan (2-4), demikian pula untuk indeks T bulanan dilakukan dengan cara yang sama seperti perhitungan indeks T harian.

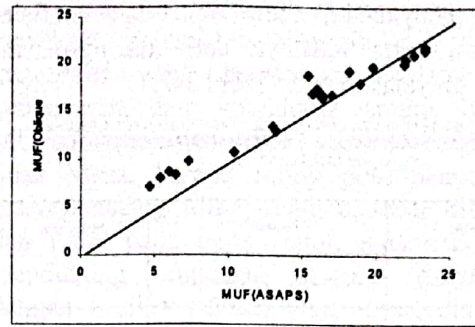
3. HASIL

Dari barisan data MUF yang dihitung menggunakan prediksi metode ASAPS dengan input indeks T lokal dan disebut MUF (oblique), kemudian dibandingkan dengan barisan MUF yang diperoleh dari hasil prediksi metode ASAPS menggunakan input indeks T global dengan dinyatakan MUF(ASAPS) dan hasil itu dapat dilihat pada Gambar 3-1. Hasil perbandingan tersebut menunjukkan bahwa MUF(ASAPS) dengan input indeks T global bervariasi disekitar pola penyebaran barisan MUF(oblique). Hal itu disebabkan pengaruh gangguan ionosfer lokal tidak diperhitungkan, karena diketahui bahwa dalam perhitungan indeks T global berdasarkan harga rata-rata frekuensi kritis foF2 ionosfer global. Berarti perbedaan hasil verifikasi melalui penggunaan barisan MUF(oblique) dan MUF(ASAPS) sudah seharusnya demikian karena kondisi lapisan ionosfer setiap tempat tidak selalu sama, hal itu sesuai yang dinyatakan pola karakteristik frekuensi kritis foF2 lapisan ionosfer pada Gambar 1-1.

Untuk memperjelas perbedaan maupun kesamaan antara barisan MUF(oblique) dan MUF(ASAPS) di atas dapat pula diuraikan dalam versi lain yaitu visualisasi dengan menggunakan garis alami. Sebelum verifikasi dilanjutkan terlebih dahulu didefinisikan garis alami adalah garis yang dibentuk oleh titik potong - titik potong dari dua barisan data yang mempunyai nilai kuantitas dan pola yang sama. Oleh sebab itu garis alami mengapit sudut 45° terhadap data yang dinyatakan pada sumbu x maupun pada sumbu y dan jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3-2. Dengan koefisien kemiringan  $M = 1$  melalui perhitungan persamaan (3-5) dan koefisien korelasi  $\rho(X,Y) = 1$  dihitung dengan persamaan (3-6) serta hasilnya disajikan pada Tabel 3-1 kolom 2.



Gambar 3-1 : POLA PENYEBARAN MUF (ASAPS) BERVARIASI DI SEKITAR MUF(OBLIQUE) PADA BULAN FEBRUARI TAHUN 1997



Gambar 3-2 : GARIS KORELASI SILANG ANTARA MUF(OBLIQUE) PADA SUMBU Y DAN MUF(ASAPS) PADA SUMBU X UNTUK BULAN FEBRUARI TAHUN 1997. KETERANGAN: TITIK SEGI EMPAT MEMPUNYAI KEMIRINGAN TITIK POTONG  $M=0,89$  ( $\Phi=45^\circ$ ) ALAMI MEMPUNYAI KEMIRINGAN  $M=1$  ( $\Phi=45^\circ$ )

Berdasarkan uraian garis alami di atas dapat pula dihitung kesamaan maupun perbedaan barisan MUF (oblique) dan MUF(ASAPS) bulan Februari 1997 dan hasil yang diperoleh disajikan pada Tabel 3-1 kolom 4. Dengan koefisien kemiringan  $M = 0,89$  berarti sudut apitnya  $\Phi \neq 45^\circ$  dan koefisien korelasi  $\rho(X,Y) = 0,98$ . Berarti garis alami yang dibentuk titik potong-titik potong barisan MUF(oblique) dan MUF(ASAPS) cenderung tidak lurus. Hasil perhitungan itu dinyatakan berupa titik-titik segi empat yang tersebar disekitar garis alami pada Gambar 3-2, dengan barisan MUF(oblique) dinyatakan pada sumbu y dan MUF(ASAPS) pada sumbu x.

Perhitungan koefisien kemiringan (slop) dihitung dengan persamaan (3-5) adalah,

$$m = \frac{\sum (X_i - X_o)(Y_i - Y_o)}{\sum (Y_i - Y_o)^2} \dots\dots (3-5)$$

Sedangkan perhitungan koefisien korelasi menggunakan persamaan (3-6) dinyatakan oleh

$$\rho(X,Y) = \frac{\sum (X_i - X_o)(Y_i - Y_o)}{[\sum (X_i - X_o)^2 \sum (Y_i - Y_o)^2]^{1/2}} \dots\dots (3-6)$$

dengan  $X_o$  dan  $Y_o$  rata-rata barisan MUF (oblique) dan MUF(ASAPS).

Dengan barisan MUF(oblique) dan MUF(ASAPS) dari bulan Januari sampai dengan bulan Juni tahun 1997 dilakukan perhitungan dengan cara yang sama sehingga diperoleh deviasi standar, koefisien kemiringan

yang menyatakan sudut apit, dan koefisien korelasi serta hasilnya dari masing-masing bulan dinyatakan pada Tabel 3-2.

Tabel 3-1 : PENYATAAN DAN HASIL PERHITUNGAN POLA BARISAN MUF(OBLIQUE) DAN MUF(ASAPS) PADA BULAN FEBRUARI TAHUN 1997

Pola	Pernyataan		Perhitungan
	Sama	Tidak sama	
Koefisien Kemiringan Koefisien Korelasi Sudut Apit Titik Potong	M = 1 $\rho(x,y) = 1$ $\Phi = 45^\circ$ Lurus	M $\neq$ 1 $\rho(x,y) \neq 1$ $\Phi \neq 45^\circ$ Tidak Lurus	M=0.89 $\rho(x,y) = 0.98$ $\Phi \neq 45^\circ$ Cenderung Tidak Lurus

Sesuai hasil perhitungan koefisien kemiringan dan koefisien korelasi pada Tabel 3-2 kolom 5 dan 6 menunjukkan bahwa dari keenam bulan tersebut tidak ada satu bulanpun yang menyatakan sudut apit  $45^\circ$ . Oleh karena itu masing-masing titik potong antara barisan MUF(oblique) dan MUF(ASAPS) menunjukkan garis alami yang dibentuk cenderung tidak lurus.

Tabel 3-2 : DEVIASI STANDAR, KOEFISIEN KEMIRINGAN, DAN KOEFISIEN KORELASI ANTARA BARISAN MUF(OBLIQUE) & MUF(ASAPS) DARI BULAN JANUARI S/D BULAN JUNI TAHUN 1997

No	Bulan	Deviasi Standar		Koefisien		Keterangan
		MUF(oblique)	MUF(ASAPS)	Korelasi	Kemiringan	
1.	Januari	3.85	4.57	0.96	0.80	Cenderung tidak lurus
2.	Februari	5.74	4.61	0.98	0.89	
3.	Maret	5.95	4.45	0.97	0.87	
4.	April	4.97	4.23	0.95	0.86	
5.	Mei	5.63	4.55	0.97	0.88	
6.	Juni	6.03	4.42	0.93	0.79	

#### 4. PEMBAHASAN

Verifikasi prediksi frekuensi komunikasi radio HF menggunakan metode ASAPS dengan input indeks T global dibandingkan terhadap data pengamatan ionosonde oblique Manado-Sumedang. Dilakukan dengan menggunakan dua cara, visual grafis dan analisis kuantitatif.

##### 4.1. Visual Grafis

Verifikasi melalui visual grafis dilakukan dengan cara memplot antara barisan MUF(oblique) dari pengamatan ionosonde oblique Manado-Sumedang dengan dibandingkan MUF(ASAPS) sesuai urutan waktu untuk melihat variasi pola kedua barisan pada

pengamatan bulan Februari 1997. Dari visual grafis itu barisan MUF(ASAPS) bervariasi disekitar pola penyebaran data barisan MUF(oblique) dan jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3-1.

Untuk memperjelas perbedaan kedua barisan MUF di atas maka dilakukan pula verifikasi dengan versi lain melalui visualisasi berdasarkan pola korelasi silang, dengan titik-titik potong yang dibentuk dari kedua barisan MUF itu disebut garis alami. Dalam visualisasi tersebut MUF(oblique) dinyatakan pada sumbu y dan MUF(ASAPS) pada sumbu x sehingga masing-masing titik potong yang membentuk garis alami cenderung tidak lurus. Sehubungan penyebaran masing-masing titik potong kedua barisan MUF itu berkisar disekitar dan tidak terletak pada garis alami (Gambar 3-2).

Dengan dua cara verifikasi yang diuraikan di atas, melalui visual grafis sesuai urutan waktu dan pola korelasi silang dengan dasar garis alami sesuai data bulan Februari 1997 dapat disimpulkan bahwa pola dan penyebaran barisan MUF(oblique) dan MUF(ASAPS) yang dinyatakan pada Gambar 3-1 dan Gambar 3-2 menunjukkan kecenderungan perbedaan pola penyebaran maupun kuantitasnya.

##### 4.2. Analisis Kuantitatif

Dari analisis visual grafis yang diuraikan pada bagian 4.1 menunjukkan perbedaan pola penyebaran dan kuantitasnya antara barisan MUF(oblique) dengan MUF(ASAPS). Untuk mengetahui sampai sejauh mana perbedaan kedua barisan MUF di atas dilakukan analisis dengan menggunakan koefisien kemiringan (slop) yang menyatakan sudut apit dan menghitung koefisien korelasi, terutama yang dianalisis pada Gambar 3-2.

Perlu ditekankan kembali bahwa untuk mengetahui pola penyebaran dan kuantitasnya kedua barisan MUF itu sama, maka syarat yang harus dipenuhi adalah koefisien kemiringan  $M=1$  sudut apit  $45^\circ$  dengan garis alami yang dibentuk dari masing-masing titik potong garis lurus dan koefisien korelasi  $\rho(X,Y) = 1$ , dengan terpenuhinya syarat itu maka pola penyebaran dan kuantitas sama.

Sesuai ungkapan di atas melalui barisan MUF(oblique) dan MUF(ASAPS) pada bulan Mei 1997, diperoleh koefisien kemiringan  $M = 0,88$  dengan sudut apit tidak sama dengan  $45^\circ$  ( $\Phi \neq 45^\circ$ ) dengan garis alami yang dibentuk dari masing-masing titik potong cenderung tidak lurus dan koefisien korelasi  $\rho(X,Y) = 0,97$ . Melalui hasil perhitungan di atas ternyata pola penyebaran dan kuantitas kedua barisan MUF di atas cenderung tidak sama, karena pola penyebaran masing-masing titik potong dari kedua barisan MUF tersebar disekitar garis alami.

Hasil verifikasi dengan menggunakan analisis kuantitatif untuk barisan MUF(oblique) dan MUF(ASAPS) mulai bulan Januari 1997 sampai dengan bulan Juni 1997 diperoleh koefisien kemiringan bervariasi dari 0,79 sampai dengan 0,89 sedangkan koefisien korelasi dari 0,93 sampai dengan 0,98. Koefisien kemiringan dan koefisien korelasi yang terkecil secara berurutan sebesar 0,79 dan 0,93 hal itu dijumpai pada bulan Juni 1997 dan terbesar 0,89 dan 0,98 serta dijumpai pula pada bulan Februari 1997. Berarti dari hasil analisis yang diperoleh selama 6 bulan tidak ada satu bulanpun yang mempunyai pola penyebaran dan kuantitasnya sama, hanya penyebaran masing-masing titik potong tersebar disekitar garis alami. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 3-2.

#### 4. KESIMPULAN

Dalam area terbatas khususnya wilayah Indonesia penggunaan prediksi frekuensi komunikasi HF dengan menggunakan metode ASAPS input indeks T global hanya berlaku secara umum, karena pengaruh gangguan ionosfer lokal tidak diperhitungkan seperti lokasi tempat dan waktu lokal. Oleh sebab itu untuk komunikasi pada area terbatas yang meliputi wilayah Indonesia terutama pada sirkuit komunikasi antara Manado dan Sumedang lebih baik menggunakan prediksi frekuensi komunikasi HF metode ASAPS dengan input indeks T lokal, mengingat karakteristik lapisan ionosfer sebagai media pemantul gelombang HF selalu dipengaruhi oleh aktivitas matahari, variasi medan magnet bumi, posisi tempat (lintang geografis), waktu setempat, dan topografis setiap posisi perlu diperhitungkan.

Hal di atas diperkuat pula hasil verifikasi melalui visual grafis dan analisis kuantitatif yang menyatakan bahwa pola penyebaran dan kuantitas antara barisan MUF(oblique) dan MUF(ASAPS) cenderung tidak sama, karena setiap pola penyebaran masing-masing titik potong tersebar disekitar dan tidak pada garis alami. Kuantitas yang mendukung ungkapan di atas dinyatakan dengan hasil verifikasi yang dapat dianggap baik, dengan koefisien kemiringan 0,89 sudut apit tidak mencapai  $45^\circ$  dan koefisien korelasi hanya mencapai 0,98 berarti pola penyebaran dan kuantitas dari kedua barisan MUF itu cenderung tidak sama tetapi hanya hampir sama.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Albrecht, H.J., 1970. *Monitoring Multi-Frequency Mode Delay Over Long Distances For Ionospheric Frequency Selection*. North Atlantic Treaty Organization Advisory Group For Aerospace Research And Development. Ionospheric Forecasting, Edited by Vauhn Agy. Institute For Telecommunication Sciences Environmental Science Services Administration. Boulder, Colorado 80302, U.S.A. p.21.
2. Caruana, J., 1989. *The IPS Monthly T index*. Solar-Terrestrial Predictions, Proceedings of a Workshop at Laura, Australia. October 16-20, p : 257-263.
3. Davis, K., 1990. *Ionospheric Radio*. Peter Peregrinus, London.
4. Gilshrist, W., 1978. *Statistical Forecasting*. Head of Departement of Mathematics & Statistics, Sheffied City Polytechnic.
5. Habirun., 1996 *Mekanisme Memprediksi Frekuensi Komunikasi Radio HF Pada Sirkuit Komunikasi Manado-Bandung*. Proceedings XI<sup>th</sup> National Symposium on Physics and Aseanip Regional Seminar on the Physics of Metals and Alloys, Bandung Desember 12-14 P : 452-457.
6. Patterson, G., 1989. *Forecast Verification at IPS Radio and Apece Services*. Solar-Terrestrial Predictions – IV, Proceedings of a Workshop at Ottawa, Canada May 18-22, Volume I p :254-257.