

# ANALISIS KOMPATIBILITAS INDEKS IONOSFER REGIONAL [COMPATIBILITY ANALYSIS OF REGIONAL IONOSPHERIC INDEX]

Sri Suhartini

Peneliti Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi, Lapan

e-mail : srlpnbdg@yahoo.com

Diterima 15 Maret 2012; Disetujui 15 Juni 2012

## ABSTRACT

Regional ionospheric index (T index) is derived based on the linear relationship between the ionospheric F2 layer critical frequency ( $f_{oF2}$ ) with solar activity as represented by the twelve-month smoothed sunspot number ( $R_{12}$ ). Regional T index were derived using  $f_{oF2}$  data from Sumedang and Vanimo observatories. Analysis of the compatibility of the regional ionospheric index with  $R_{12}$ , suggesting that the gradient of the linear correlation equation between the T index and  $R_{12}$  has a positive value for all months for both locations. This shows that the index T will rise due to higher  $R_{12}$ . The high correlation between regional T index with  $R_{12}$  (correlation coefficient:  $R^2 = 0,88-0,98$  for Sumedang, and  $0,86-0,95$  for Vanimo)) for all months, for both locations, indicating compatibility between these two parameters. Testing of  $f_{oF2}$  values calculated for the index T minimum value (-50), intermediate (100), and maximum (200), compared with the minimum and maximum  $f_{oF2}$  observations provide the suitability of the calculated value of  $f_{oF2}$  and observations. From the analysis that has been done can be concluded that the regional T index can be used as an index of the ionosphere that replaces  $R_{12}$  in the relationship between solar activity with  $f_{oF2}$  observations in the vicinity of the observation locations.

Keywords: *Ionospheric index, foF2, Sunspot number.*

## ABSTRAK

Indeks ionosfer regional (indeks T) diturunkan berdasarkan hubungan linier antara frekuensi kritis lapisan F2 ionosfer ( $f_{oF2}$ ) dengan aktivitas matahari yang diwakili oleh rata-rata berjalan 12 bulan bilangan sunspot ( $R_{12}$ ). Indeks T regional telah diturunkan menggunakan data  $f_{oF2}$  dari Loka Pengamatan Dirgantara Sumedang dan Vanimo. Analisis kompatibilitas indeks ionosfer regional terhadap  $R_{12}$ , menunjukkan bahwa gradien kemiringan garis korelasi linier antara indeks T terhadap  $R_{12}$  mempunyai nilai positif untuk semua bulan untuk kedua lokasi. Hal ini menunjukkan bahwa indeks T akan naik seiring dengan kenaikan  $R_{12}$ . Korelasi yang tinggi antara indeks T regional dengan  $R_{12}$  (koefisien korelasi:  $R^2 = 0,88-0,98$  untuk Sumedang, dan  $0,86-0,95$  untuk Vanimo) untuk semua bulan, untuk kedua lokasi, menunjukkan kompatibilitas antara kedua parameter tersebut. Pengujian terhadap nilai  $f_{oF2}$  yang dihitung untuk nilai indeks T minimum (-50), menengah (100), dan maksimum (200), dibandingkan dengan minimum dan maksimum  $f_{oF2}$  hasil pengamatan memberikan hasil kesesuaian nilai  $f_{oF2}$  hasil perhitungan dan hasil pengamatan. Dari analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa indeks T regional dapat digunakan sebagai indeks ionosfer yang menggantikan  $R_{12}$  dalam hubungan antara aktivitas matahari dengan  $f_{oF2}$  di daerah sekitar lokasi pengamatan.

Kata kunci: *Indeks ionosfer, foF2, Bilangan sunspot*

## 1 PENDAHULUAN

Kemampuan ionosfer dalam memantulkan gelombang radio HF tergantung pada kerapatan elektron di lapisan-lapisannya. Semakin tinggi kerapatan elektron, semakin tinggi pula frekuensi yang dapat dipantulkan. Dari semua lapisan, lapisan F2 yang letaknya paling tinggi juga mempunyai kerapatan elektron paling tinggi sehingga mampu mengembalikan gelombang radio HF dengan frekuensi yang paling tinggi juga. Oleh karena itu, frekuensi maksimum lapisan F2 (disebut frekuensi kritis lapisan F2 atau  $f_0F2$ ) digunakan sebagai acuan penentuan *Maximum Usable Frequency* (MUF) yaitu prediksi frekuensi maksimum untuk komunikasi radio HF antara dua tempat tertentu pada waktu tertentu. Karakteristik lapisan F2 ionosfer sangat berkaitan dengan tingkat aktivitas matahari yang biasa diwakili dengan bilangan *sunspot* ( $R$ ,  $R_{12}$ ) atau *fluks* energi matahari pada panjang gelombang 10cm ( $F10.7$ ). Semakin tinggi bilangan *sunspot*, semakin tinggi  $f_0F2$ , berarti semakin tinggi juga MUF. Tetapi kondisi ionosfer tidak hanya berkaitan dengan bilangan *sunspot* karena ada faktor-faktor lain yang mempengaruhi ionosfer seperti variasi medan magnet bumi, angin netral dan sebagainya, sehingga bilangan *sunspot* kurang tepat digunakan sebagai prediktor MUF. Untuk mendapatkan prediktor yang dapat menghasilkan prediksi yang lebih akurat, dibuat indeks yang menggantikan bilangan *sunspot* untuk menyatakan hubungan antara kondisi ionosfer dengan aktivitas matahari. ([http://www.ips.gov.au/HF\\_Systems/1/6](http://www.ips.gov.au/HF_Systems/1/6)).

Sekitar pertengahan tahun lima puluhan untuk pertama kalinya dilakukan pembuatan indeks ionosfer yang diturunkan dari hasil pengamatan ionosfer. Indeks IF2 diturunkan dari hasil pengamatan  $f_0F2$  tengah hari dari tiga stasiun (Minnis, 1955; Minnis dan Bazzard, 1959). Indeks ini kemudian ditingkatkan dengan menggunakan data dari 11 stasiun (Minnis dan Bazzard, 1960). Saat ini indeks IF2 diperkirakan menggunakan data dari 13 stasiun ionosonde dan tersedia bersama-sama dengan indeks lain yang sedikit berbeda, yaitu indeks T dan IG. Indeks-indeks ini dapat ditemukan di <http://www.ngdc.noaa.gov/stp/IONO/if2ig.html>. Dalam waktu yang bersamaan Australia juga mengembangkan indeks ionosfer yang dinamakan indeks A. Hasilnya digunakan untuk membuat prediksi frekuensi komunikasi radio HF (Caruana, 1989). Pada pertengahan tahun 60-an, *Ionospheric Prediction Services* (IPS)-Australia mengembangkan indeks T (diambil dari nama Turner) dengan prosedur yang sama dengan penentuan indeks A, kecuali penggunaan metode *least square* untuk menentukan persamaan linier untuk 16 stasiun. Metode ini dikembangkan oleh Jack Turner (Turner, 1968). Indeks T adalah indikator frekuensi tertinggi yang dapat dikembalikan oleh ionosfer. Semakin tinggi indeks T, semakin tinggi juga frekuensi yang dapat dikembalikan oleh ionosfer. Indeks T diturunkan berdasarkan nilai  $f_0F2$  yang diperoleh dari ionogram yang merupakan data pengamatan ionosfer menggunakan ionosonda. Sampai saat ini IPS memberikan informasi indeks T global melalui websitenya (<http://www.ips.Gov.au>). Selain indeks T, global IPS juga memberikan indeks T regional Australia harian. Indeks ionosfer lainnya diturunkan berdasarkan pengukuran karakteristik sinyal pesawat ruang angkasa oleh Ortikov dkk (Ortikov et al, 2003), yang diberi nama *Ionospheric Index of Solar Activity* (IISA) diperoleh dengan membandingkan antara variasi karakteristik sinyal radio hasil pengukuran dan perhitungan. Indeks aktivitas ionosfer yang baru, yang dinamakan indeks AI diturunkan dari hasil scaling otomatis data *online* dari beberapa stasiun ionosonda di Eropa (projek *Digital upper Atmosphere Server*: DIAS). Indeks ini digunakan untuk mempelajari kondisi ionosfer normal dan gangguan ionosfer yang disebabkan oleh peristiwa spesifik di matahari dan atmosfer (*flare*, *coronal mass ejections*, gelombang atmosfer, dan lain lain) (Bremmer et al, 2006).

Penentuan Indeks T Harian Lapisan Ionsfer Indonesia pernah dilakukan oleh Jiyo (2005) menggunakan hubungan linear antara indeks T dengan median frekuensi kritis lapisan ionosfer (foF2). Hubungan linear tersebut diturunkan dari paket program prediksi ASAPS dengan menerapkannya untuk data foF2 dari Balai Pengamatan Dirgantara Biak dan Loka Pengamatan Dirgantara Sumedang. Indeks T jam-an yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mendapatkan indeks T harian. Hasilnya adalah bahwa  $T_{Md}$  (Median dari T jam-an) adalah indeks T harian yang paling dekat dengan indeks bulanan  $T_b$  (dihitung berdasarkan median bulanan foF2), disusul  $T_{Mn}$  (rata-rata T Jam-an),  $T_{06}$  (rata-rata T jam 0, 6, 12, dan 18), dan terakhir  $T_{12}$  (rata-rata T jam 12, 13, 14, dan 15). Koreksi indeks T regional untuk wilayah Indonesia terhadap indeks T global yang dihitung oleh Jiyo memperoleh harga rataan koreksi sebesar 8 dan simpangan baku 21. Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara indeks T global dengan indeks T regional, sehingga dipandang perlu untuk mendapatkan nilai indeks T regional, untuk digunakan dalam pembuatan prediksi frekuensi yang lebih sesuai untuk wilayah Indonesia.

Layanan prediksi frekuensi komunikasi radio HF yang diberikan Lapan saat ini menggunakan paket program ASAPS yang merekomendasikan indeks T sebagai pilihan pertama masukan paket program tersebut. Indeks T regional lebih menggambarkan respon ionosfer di suatu daerah terhadap perubahan aktivitas matahari dibandingkan dengan bilangan sunspot (R) dan fluks energi matahari pada panjang gelombang 10 cm (F10.7). Nilai indeks T akan berbeda untuk dua wilayah yang berbeda di permukaan bumi, sedangkan nilai R dan F10.7 sama untuk seluruh permukaan bumi. Metode penentuan indeks T regional diturunkan dengan mengikuti metode yang dikembangkan oleh Turner (1968). Metode penentuan indeks T regional Indonesia telah dibuat menggunakan data frekuensi kritis lapisan F (foF2) hasil pengamatan dari Loka Pengamatan Dirgantara Sumedang ( $6,54^{\circ}\text{LS}$ ,  $107,55^{\circ}\text{BT}$ ) dan Vanimo ( $2,70^{\circ}\text{LU}$ ;  $141,30^{\circ}\text{BT}$ ) (Suhartini et al, 2012). Metode tersebut perlu diuji dengan cara verifikasi hasil perhitungannya sehingga dapat diketahui apakah indeks T yang dihasilkan dapat mewakili indeks ionosfer regional dan dapat digunakan sebagai masukan paket program ASAPS. Turner (1968) melakukan verifikasi terhadap hasil perhitungan indeks T dengan 2 cara, yaitu menguji kompatibilitas indeks T terhadap  $R_{12}$  dan menguji sebaran foF2 terhadap garis regresi antara T dengan foF2 dan  $R_{12}$  dengan foF2.

Dalam makalah ini dilakukan analisis kompatibilitas indeks T terhadap  $R_{12}$ , dan diuji nilai maksimum dan minimum indeks T. Analisis dilakukan untuk mengetahui indeks T yang diperoleh kompatibel dengan  $R_{12}$  dan dapat digunakan sebagai dengan foF2 ionosfer.

## 2 DATA DAN METODOLOGI

Data indeks T regional yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil perhitungan menggunakan metode yang telah dibuat (Suhartini et al, 2012) dan data Karakteristik indeks T regional akan dibandingkan dengan indeks T global dan  $R_{12}$ .

Kompatibilitas antara indeks T regional dengan  $R_{12}$  akan dianalisis dari persamaan korelasi linier antara kedua parameter tersebut. Untuk bulan Januari masing persamaan linear berikut:

$$T = aR_{12} + b$$

(2-1)

Dengan  $a$  dan  $b$  adalah konstanta yang nilainya berbeda untuk setiap bulan dan bergantung kepada lokasi pengamatan. Perhitungan dengan persamaan (2-1) akan menghasilkan nilai  $a$  dan  $b$  sebanyak 12 pasang untuk masing-masing lokasi pengamatan.

Konstanta  $a$  adalah gradien kemiringan garis lurus yang menghubungkan indeks T-regional dengan  $R_{12}$ . Jika T-regional kompatibel dengan  $R_{12}$ , maka gradien  $a$  bernilai positif ( $a > 0$ ). Nilai  $a > 0$  artinya kenaikan nilai  $R_{12}$  akan menaikkan nilai T-regional atau nilai T-regional naik seiring dengan kenaikan nilai  $R_{12}$ .

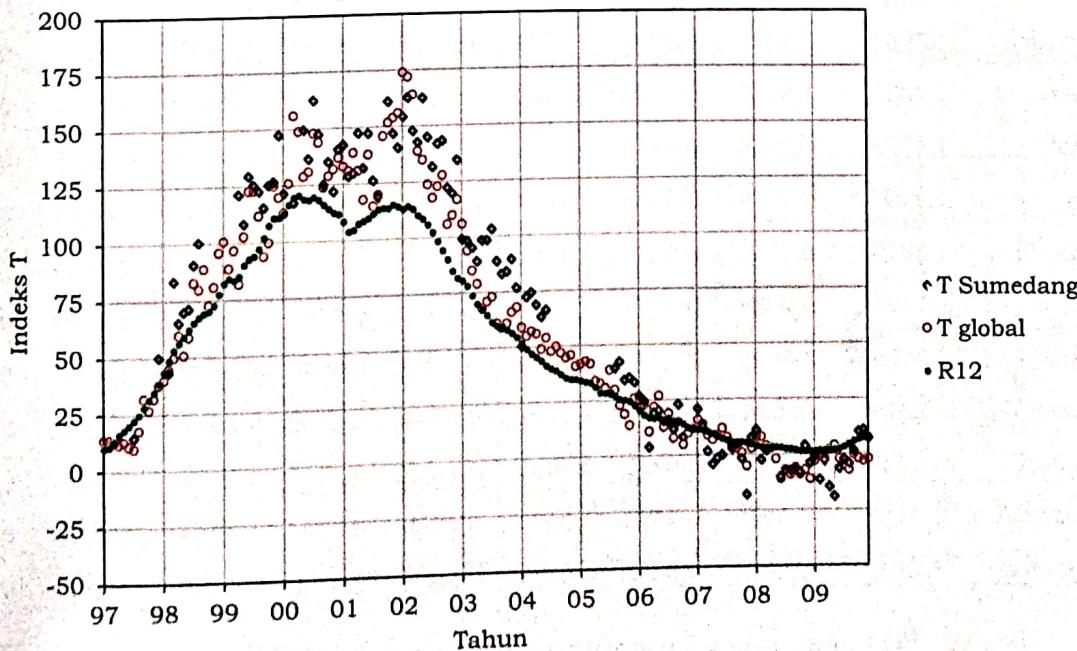
Selain konstanta  $a$  dan  $b$ , diperoleh pula koefisien korelasi ( $R^2$ ) antara indeks T-regional dengan bilangan sunspot  $R_{12}$ . Kompatibilitas indeks T regional akan terukur dari nilai korelasi yang ditunjukkan oleh  $R^2$ .

Pengujian lainnya terhadap hasil perhitungan menggunakan metode yang diturunkan, dilakukan dengan cara menguji nilai foF2 hasil pengamatan, dibandingkan dengan foF2 yang dihitung untuk indeks T maksimum (T=200), menengah (T=100), dan minimum (T=-50). Untuk satu lokasi pengamatan diperoleh nilai foF2 hasil perhitungan untuk bulan Januari hingga Desember, untuk tiga kondisi (minimum, menengah, maksimum). Variasi foF2 hasil perhitungan selama 12 bulan untuk tiga kondisi kemudian dibandingkan dengan variasi dari minimum-foF2 dan maksimum-foF2 hasil pengamatan. Nilai minimum-foF2 dan maksimum -foF2 diperoleh dari median foF2 selama periode pengamatan 1997-2008 untuk Sumedang dan periode pengamatan 1986-2008 untuk Vanimo. Hasil perbandingan diharapkan memenuhi kriteria berikut:

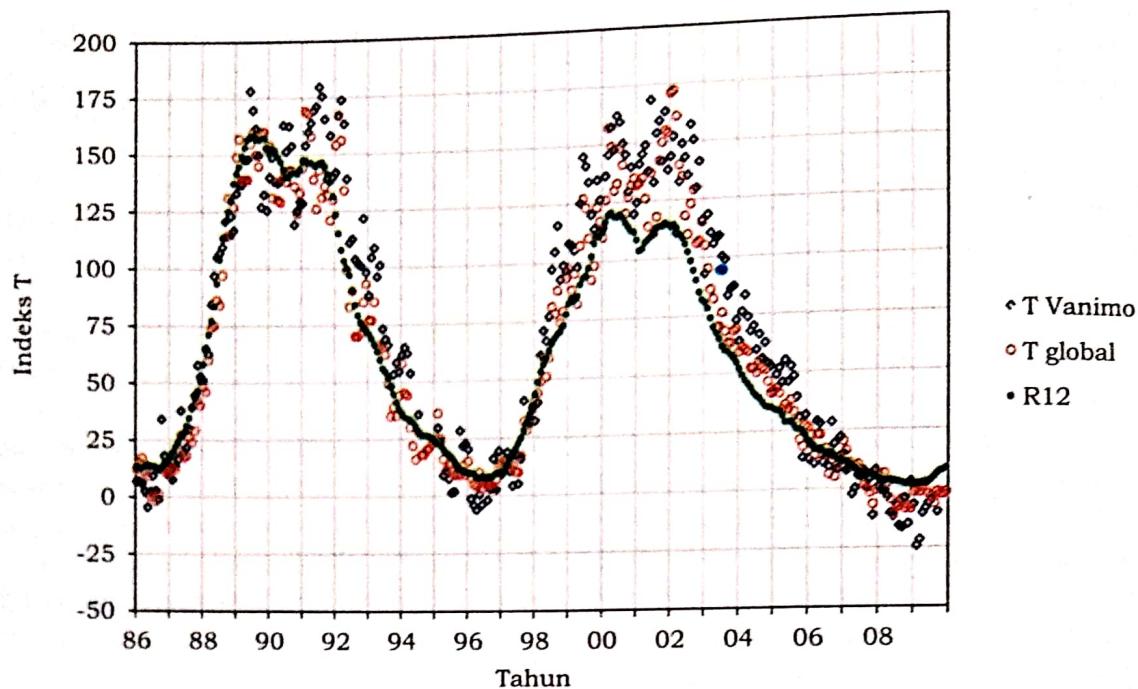
- Nilai minimum-foF2 lebih tinggi dari nilai foF2 hasil perhitungan untuk T=-50.
- Nilai minimum-foF2 lebih rendah dari nilai foF2 hasil perhitungan untuk T=100.
- Nilai maksimum-foF2 lebih tinggi dari nilai foF2 hasil perhitungan untuk T=100.
- Nilai maksimum-foF2 lebih rendah dari nilai foF2 hasil perhitungan untuk T=200.

### 3 HASIL

Indeks T regional hasil perhitungan, indeks T global yang dikeluarkan oleh IPS Australia dan  $R_{12}$ , diplot dan ditunjukkan dalam Gambar 3-1 dan 3-2.



Gambar 3-1: Indeks T Sumedang, T global dan R12.



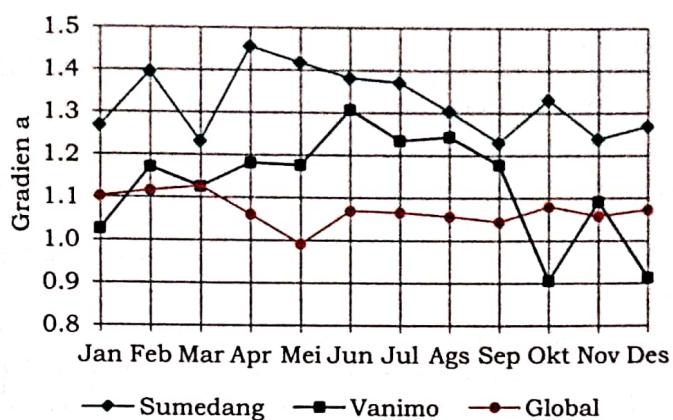
Gambar 3-2: Indeks T Vanimo, T global dan R12

Hasil perhitungan konstanta  $a$  dan  $b$  dari persamaan (2-1) menggunakan data T-regional dari Sumedang dan Vanimo ditampilkan pada Tabel 3-1. Sebagai pembanding, dihitung pula nilai  $a$  dan  $b$  persamaan linear antara T-global dengan  $R_{12}$ .

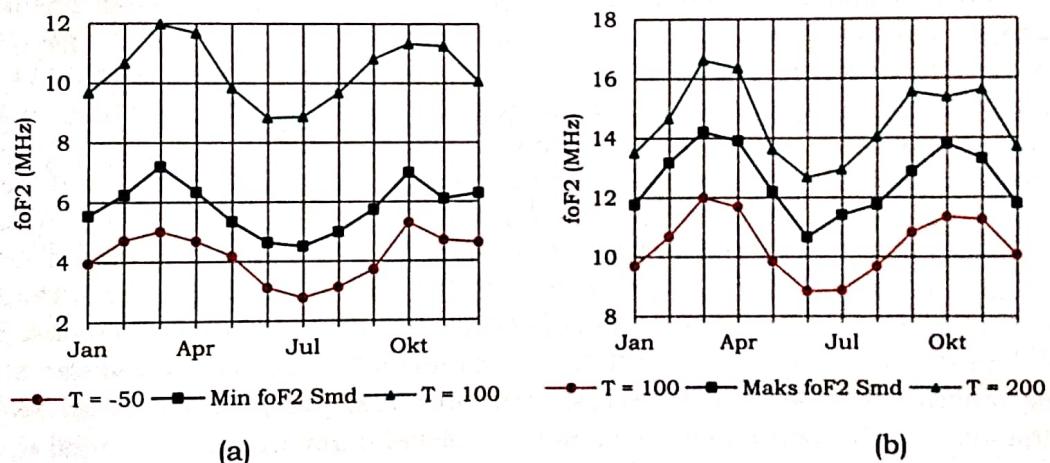
Tabel 3-1: KONSTANTA PERSAMAAN LINIER ( $a$  DAN  $b$ ) DAN KOEFISIEN KORELASI ANTARA INDEKS T SUMEDANG, T VANIMO, DAN T-GLOBAL DENGAN  $R_{12}$ .

| Bulan     | Sumedang |          |        | Vanimo |         |        | Global (IPS) |         |        |
|-----------|----------|----------|--------|--------|---------|--------|--------------|---------|--------|
|           | $a$      | $b$      | $R^2$  | $a$    | $b$     | $R^2$  | $a$          | $b$     | $R^2$  |
| Januari   | 1,2694   | -3,7220  | 0,9640 | 1,0270 | 1,9920  | 0,9342 | 1,1031       | 1,7427  | 0,9439 |
| Februari  | 1,3969   | -7,9327  | 0,9754 | 1,1724 | -0,0717 | 0,9083 | 1,1167       | 2,2329  | 0,9183 |
| Maret     | 1,2335   | -1,9150  | 0,9358 | 1,1268 | 2,2293  | 0,8699 | 1,1274       | 1,2960  | 0,9240 |
| April     | 1,4572   | -11,9620 | 0,9849 | 1,1828 | -0,5412 | 0,9074 | 1,0619       | 0,1375  | 0,9491 |
| Mei       | 1,4195   | -10,3130 | 0,9678 | 1,1777 | 0,7210  | 0,9087 | 0,9925       | 0,0396  | 0,9602 |
| Juni      | 1,3829   | -6,4732  | 0,9714 | 1,3086 | -5,0506 | 0,9466 | 1,0705       | -5,1654 | 0,9470 |
| Juli      | 1,3727   | -6,5485  | 0,9671 | 1,2361 | -2,5137 | 0,9462 | 1,0670       | -2,7428 | 0,9547 |
| Agustus   | 1,3056   | -3,2025  | 0,9582 | 1,2450 | -2,0928 | 0,9244 | 1,0577       | -5,1706 | 0,9546 |
| September | 1,2316   | 0,6026   | 0,9442 | 1,1791 | 0,2964  | 0,9193 | 1,0448       | -3,4658 | 0,9460 |
| Oktober   | 1,3325   | -4,6558  | 0,9777 | 0,9069 | 14,3210 | 0,8862 | 1,0811       | -5,7971 | 0,9640 |
| November  | 1,2401   | -0,8271  | 0,9473 | 1,0934 | 4,4799  | 0,8593 | 1,0588       | -2,8975 | 0,9414 |
| Desember  | 1,2701   | -1,3975  | 0,8844 | 0,9141 | 13,0990 | 0,9160 | 1,0735       | -0,5515 | 0,9428 |

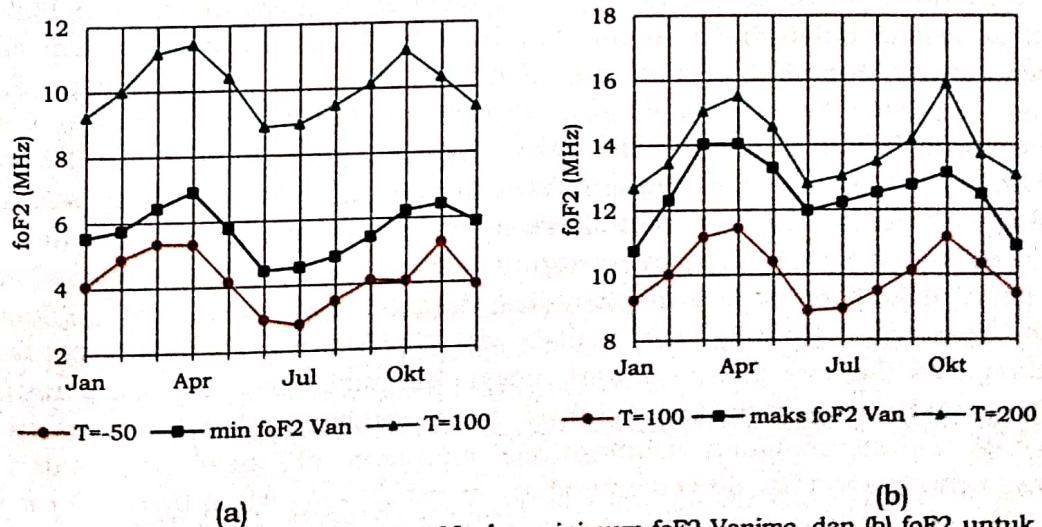
Untuk membandingkan besarnya gradien  $a$  antara Sumedang, Vanimo dan Global, konstanta tersebut diplot dalam Gambar 3-3.

Gambar 3-3: Gradien  $\alpha$  persamaan linier antara indeks T Sumedang, Vanimo, Global, dengan  $R_{T2}$ 

Besarnya foF2 untuk harga indeks T minimum, menengah dan maksimum (-50, 100 dan 200) dihitung untuk kedua lokasi untuk bulan Januari–Desember, untuk mengetahui rentang nilainya apabila indeks T mencapai nilai-nilai tersebut. Perhitungan dilakukan menggunakan metode penentuan indeks T, dan hasilnya diplot bersama dengan nilai maksimum dan minimum foF2 dari hasil pengamatan di Sumedang dan Vanimo (Gambar 3-4 dan 3-5).



Gambar 3-4: (a) foF2 untuk indeks T=-50, 100, dan minimum foF2 Sumedang, dan (b) foF2 untuk indeks T=100, 200, dan maksimum foF2 Sumedang



Gambar 3-5: (a) foF2 untuk indeks T=-50, 100, dan minimum foF2 Vanimo, dan (b) foF2 untuk indeks T=100, 200, dan maksimum foF2 Vanimo.

#### 4 PEMBAHASAN

Indeks T adalah indeks "pengganti" indeks aktivitas matahari. Oleh karena itu indeks T juga harus memiliki karakteristik yang sama dengan karakteristik aktivitas matahari. Indeks T regional akan digunakan sebagai masukan untuk pembuatan prediksi frekuensi komunikasi radio HF menggunakan perangkat lunak ASAPS menggantikan indeks T global. Oleh karena itu karakteristiknya juga harus sesuai dengan indeks T global. Dari Gambar 3-1 dan 3-2 dapat dilihat bahwa indeks T regional mempunyai karakteristik yang sesuai dengan  $R_{12}$  dan indeks T global. Dari gambar-gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa secara umum indeks T regional lebih tinggi dibandingkan indeks T global. Indeks T regional diturunkan masing-masing dari data pengamatan foF2 dari satu stasiun (Sumedang dan Vanimo). Sedangkan Indeks T global merupakan rata-rata dari 16 stasiun, masing-masing 8 stasiun di belahan bumi utara dan selatan. Sumedang dan Vanimo terletak di daerah anomali ionosfer, sehingga foF2 di kedua lokasi tersebut lebih besar daripada stasiun-stasiun di lintang menengah dan tinggi. Hal ini menyebabkan indeks T regional di kedua lokasi tersebut juga lebih besar dibandingkan indeks T global.

Analisis kompatibilitas indeks T dengan bilangan sunspot ( $R_{12}$ ) setiap bulan dilakukan dengan mencari persamaan korelasi linier indeks T terhadap  $R_{12}$ . Persamaan korelasi memberikan konstanta persamaan linier dan koefisien korelasi pada Tabel 3-1. Gradien  $a$  untuk Loka Pengamatan Dirgantara Sumedang maupun Vanimo mempunyai nilai positif untuk semua bulan. Hal ini menunjukkan bahwa indeks T akan naik seiring dengan kenaikan  $R_{12}$ , yang berarti bahwa karakteristik indeks T sesuai dengan karakteristik  $R_{12}$ . Dari Gambar 3-1 dapat dilihat bahwa besarnya gradien  $a$  untuk Sumedang lebih tinggi dibandingkan Vanimo maupun global. Hal ini dikarenakan Sumedang terletak di daerah puncak anomali ionosfer, sehingga foF2 Sumedang lebih tinggi dari Vanimo. Hubungan linier antara foF2 dengan indeks T ( $T = a \text{ foF2} + b$ ) menyebabkan nilai indeks T akan lebih tinggi apabila foF2 lebih tinggi, dan hubungan linier antara indeks T dengan  $R_{12}$  ( $T = a R_{12} + b$ ) akan memberikan gradien  $a$  yang lebih besar untuk nilai  $R_{12}$  yang sama apabila indeks T lebih tinggi. Gradien  $a$  untuk indeks T global mempunyai nilai antara 0,99-1,13, sedangkan Sumedang dan Vanimo masing-masing antara 1,23-1,46 dan 0,91-1,31. Rentang nilai yang lebih kecil di sekitar 1 menunjukkan bahwa perubahan nilai indeks T global karena perubahan nilai  $R_{12}$  lebih stabil dibandingkan untuk indeks T Sumedang maupun Vanimo. Perubahan indeks T Sumedang dan Vanimo lebih dinamis karena kondisi ionosfer di kedua lokasi yang terletak di daerah anomali ionosfer juga lebih dinamis.

Dari Tabel 3-1 dapat diketahui bahwa koefisien korelasi indeks T terhadap  $R_{12}$  ( $R^2$ ) untuk semua bulan di Sumedang, Vanimo dan Global mempunyai nilai masing-masing antara 0,88-0,98; 0,86-0,95; dan 0,92-0,96. Koefisien korelasi indeks T global terhadap  $R_{12}$  lebih tinggi dibandingkan Sumedang dan Vanimo, namun koefisien korelasi untuk semua bulan di kedua lokasi tersebut juga cukup tinggi (lebih besar dari 0,85). Nilai konstanta  $a$  yang positif untuk semua bulan dan koefisien korelasi yang tinggi ini menunjukkan kompatibilitas antara indeks T dengan  $R_{12}$ .

Verifikasi hasil perhitungan menggunakan metode yang telah diturunkan juga dilakukan dengan cara membandingkan foF2 yang dihitung untuk indeks T minimum ( $T=-50$ ), menengah ( $T=100$ ) dan maksimum ( $T=200$ ) untuk lokasi pengamatan Sumedang dan Vanimo, bulan Januari hingga Desember dengan hasil pengamatan. Periode pengamatan untuk kedua lokasi telah mencakup kondisi minimum dan maksimum aktivitas matahari, sehingga nilai minimum foF2 hasil pengamatan dapat dianggap mewakili kondisi aktivitas matahari terendah, sedangkan nilai maksimumnya bulanan foF2 di kedua lokasi pengamatan. Nilai minimum foF2 pada Gambar 3-4 (a)

untuk Sumedang dan 3-5 (a) untuk Vanimo untuk semua bulan lebih besar dari foF2 yang dihitung untuk indeks T=-50, dan lebih kecil dari foF2 untuk indeks T=100. Nilai maksimum foF2 pada Gambar 3-4 (b) untuk Sumedang dan 3-5 (b) untuk Vanimo untuk semua bulan lebih besar dari foF2 untuk indeks T=100, dan lebih kecil dari foF2 untuk indeks T=200. Nilai minimum (-50) dan maksimum (200) indeks T adalah batas nilai yang didefinisikan oleh IPS. Dalam kenyataannya, nilai minimum dan maksimum indeks T global dari tahun 1938 sampai dengan tahun 2011 masing-masing adalah -11 (Juni 2008) dan 193 (Januari 1958). Nilai minimum dan maksimum foF2 hasil pengamatan untuk 12 bulan ternyata memenuhi kriteria, yaitu nilai minimumnya berada diantara nilai foF2 hasil perhitungan untuk indeks T=-50 dan T=100, dan nilai maksimumnya berada diantara nilai foF2 hasil perhitungan untuk indeks T=100 dan T=200. Hal ini menunjukkan bahwa metode yang telah diturunkan memberikan hasil perhitungan foF2 yang sesuai dengan data pengamatan, dan indeks T yang diperoleh tidak melebihi batas maksimum dan minimum indeks T global.

## 5 KESIMPULAN

Analisis kompatibilitas indeks T regional yang dihitung menggunakan metode yang telah diturunkan dengan  $R_{12}$  menunjukkan bahwa persamaan korelasi linier antara indeks T dengan  $R_{12}$  untuk bulan Januari – Desember memberikan koefisien arah positif, yang berarti bahwa indeks T akan naik seiring dengan naiknya  $R_{12}$ . Koefisien korelasi ( $R^2$ ) untuk semua bulan juga tinggi ( $R^2 = 0,88\text{--}0,98$  untuk Sumedang, dan  $0,86\text{--}0,95$  untuk Vanimo) menunjukkan bahwa indeks T mempunyai kompatibilitas yang tinggi dengan  $R_{12}$ .

Hasil pengujian yang lain menunjukkan bahwa nilai minimum foF2 hasil pengamatan berada diantara foF2 hasil perhitungan untuk indeks T minimum (T=-50) dan indeks T menengah (T=100), dan nilai maksimumnya berada diantara foF2 hasil perhitungan untuk indeks T menengah (T=100) dan indeks T maksimum (T=200). Hasil ini menunjukkan bahwa metode perhitungan indeks T regional memberikan nilai foF2 yang sesuai dengan data pengamatan, dan indeks T yang diperoleh tidak melebihi batas maksimum dan minimum indeks T global.

Dari verifikasi yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa indeks T regional yang ditentukan menggunakan metode yang telah diturunkan dapat digunakan sebagai indeks ionosfer yang menggantikan  $R_{12}$  dalam hubungan antara aktivitas matahari dengan foF2 di daerah sekitar lokasi pengamatan.

## DAFTAR RUJUKAN

- Bremmer J., Lj.R. Canderb, J. Mielicha, R. Stamperb, 2006. *Derivation and Test of Ionospheric Activity Indices from Real-Time Ionosonde Observations in The European Region*, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Volume 68, Issue 18, Pages 2075-2090.
- Caruana John, 1989. *The IPS Monthly T Index*, WARS89, pp. 257-263.  
<http://www.ngdc.noaa.gov/stp/iono/if2ig.html>, Ionospheric Indices: IF2 AND IG, Ionospheric T index, download Desember 2011.
- Jiyo, 2005. *Penentuan Indeks T Harian Lapisan Ionosfer Indonesia*, Majalah LAPAN vol 7 no 1 dan 2.
- Minnis C.M. and G.H. Bazzard, 1960. *A Monthly Ionospheric Index of Solar Activity Based on F2-Layer Ionization at Eleven Stations*. Journal of Atmospheric Terrestrial Physics, 18, pp. 297-305.

- Minnis C.M., and G.H. Bazzard, 1959. *Some Indices of Solar Activity Based on Ionospheric and Radio Noise Measurements*. Journal of Atmospheric Terrestrial Physics, 14 , pp. 213–228.
- Minnis, C.M., 1955. *A New Index of Solar Activity Based on Ionospheric Measurements*. Journal of Atmospheric Terrestrial Physics, 7, pp. 310–321.
- Ortikov M.Yu. , V.A. Shemelov, I.V. Shishigin , B.V. Troitsky, 2003. *Ionospheric Index of Solar Activity Based on The Data of Measurements of The Spacecraft Signals Characteristics*, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Volume 65, Issues 16-18, Pages 1425-1430.
- Suhartini, S., Septi Perwitasari, Dadang Nurmali, 2012. *Penentuan Indeks Ionosfer "T" Regional (Determination of regional ionosphere index "T"*, Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara, Vol.7 No.1 ISSN 1907-0713.
- Turner, J.A., 1968. *The development of the ionospheric index T*, IPS-Series. R, IPS-R12.