

**HUBUNGAN LINEAR ANTARA FREKUENSI KRITIS LAPISAN F  
DI ATAS INDONESIA DENGAN INDEKS-T BERDASARKAN  
MODEL SEMI EMPIRIS  
(LINEAR RELATIONS BETWEEN CRITICAL FREQUENCY LAYER F  
OVER INDONESIA WITH T-INDEX BASED ON  
SEMI EMPIRICAL MODEL)**

Jiyo

Pusat Sains Antariksa

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

Jl. Dr. Djundjunan 133 Bandung 40173

e-mail: jiyo@lapan.go.id

**ABSTRACT**

In this paper we discuss the linear relations between the F layer critical frequency ( $f_oF2$ ) over Indonesian region and T-index based on the semi-empirical model contained in the ASAPS (Advanced Stand-Alone Prediction System) prediction software. The  $f_oF2$  values for Indonesia region is represented by its value for Biak, Kototabang, Pontianak, and Sumedang stations. By simulations using ASAPS with T-index = 0 and T-index = 100, we were obtained the median  $f_oF2$  and the coefficients of linear equations ( $a$  and  $b$ ) which relates the average of the median of  $f_oF2$  during 24 hours ( $\langle f_oF2 \rangle$ ) and T-index. As a comparison, we have determined the coefficients  $a$  and  $b$  which relates  $\langle f_oF2 \rangle$  and the sunspot number,  $R_{12}$ . The results show that coefficients of the linear equation between  $\langle f_oF2 \rangle$  and T-index, and for linear equation between  $\langle f_oF2 \rangle$  and  $R_{12}$  are very closed, such that the T-index equation is consistent. The effect of the solar position to the  $f_oF2$  change has been considered in the equations. The T-index equation is characterized by the coefficients  $a'$  and  $b'$  which are vary for each month and station.

Keywords: *linear relation,  $f_oF2$ , T-index, coefficients of linear equation.*

**ABSTRAK**

Pada makalah ini dibahas hubungan linear antara frekuensi kritis lapisan F ( $f_oF2$ ) di atas wilayah Indonesia dengan indeks-T berdasarkan model semi empiris yang terdapat dalam perangkat lunak prediksi *Advanced Stand-Alone Prediction System* (ASAPS). Nilai  $f_oF2$  di atas Indonesia diwakili oleh nilainya di stasiun Biak, Kototabang, Pontianak, dan Sumedang. Dengan simulasi menggunakan ASAPS dengan indeks-T = 0 dan indeks-T = 100, maka diperoleh median  $f_oF2$  dan koefisien persamaan linear ( $a$  dan  $b$ ) yang menghubungkan indeks-T dengan rata-rata dari median  $f_oF2$  selama 24 jam ( $\langle f_oF2 \rangle$ ). Sebagai pembandingan, telah ditentukan pula koefisien  $a$  dan  $b$  yang menghubungkan  $\langle f_oF2 \rangle$  dengan bilangan sunspot,  $R_{12}$ . Hasilnya menunjukkan bahwa koefisien persamaan linear yang menghubungkan  $\langle f_oF2 \rangle$  dengan indeks-T dan  $\langle f_oF2 \rangle$  dengan  $R_{12}$  memiliki nilai yang sangat dekat sehingga persamaan indeks-T yang diperoleh konsisten. Pengaruh posisi matahari terhadap perubahan  $f_oF2$  juga telah dipertimbangkan dalam persamaan tersebut. Persamaan untuk menentukan indeks-T yang diperoleh dicirikan oleh koefisien  $a'$  dan  $b'$  yang nilainya berbeda-beda untuk masing-masing bulan dan stasiun.

Kata Kunci: *hubungan linear,  $f_oF2$ , indeks-T, koefisien persamaan linear.*

## 1 PENDAHULUAN

Ionisasi di lapisan ionosfer pada ketinggian ~75 km hingga ~1000 km dapat terjadi karena tersedianya sumber energi utama dari matahari. Oleh karena itu indeks aktivitas matahari dijadikan indikator produktivitas ionisasi di lapisan tersebut. Produktivitas ionisasi di lapisan ionosfer diukur berdasarkan kerapatan elektronnya yang nilainya sebanding dengan frekuensi lapisan (plasma) tersebut, sehingga frekuensi kritis lapisan ionosfer ( $foF2$ ) digunakan sebagai indikator produktivitas ionisasi di lapisan ionosfer. Sementara itu, salah satu indeks tingkat aktivitas matahari yang lazim digunakan adalah bilangan bintik matahari hasil pemulusan 12 bulan (*Smoothed Sunspot Number*, SSN) atau sering pula dinyatakan sebagai  $R_{12}$ .

Nilai  $R_{12}$  merupakan rata-rata dari bilangan bintik matahari bulanan (rata-rata dalam sebulan,  $R_1$ ) selama 12 bulan. Untuk keperluan prediksi frekuensi komunikasi HF, para peneliti *Space Weather Services* (SWS), *Bureau of Meteorology*, Australia telah mengembangkan indeks ionosfer (indeks-T) yang diturunkan dari hubungan linear antara  $foF2$  dengan  $R_{12}$  (Caruana, 1990). Indeks-T (Turner, 1968) diprediksi dan digunakan sebagai masukan yang direkomendasikan untuk software prediksi *Advanced Stand-Alone Prediction System* (ASAPS). Saat ini ASAPS digunakan sebagai piranti untuk memprakirakan frekuensi komunikasi pada pita HF (*High Frequency*: 3 – 30 MHz) ([http://www.sws.bom.gov.au/HF\\_Systems/1/6](http://www.sws.bom.gov.au/HF_Systems/1/6)).

Melalui *Space Weather Information and Forecast Services* (SWIFtS), saat ini Pusat Sains Antariksa juga memberikan layanan informasi untuk pengguna komunikasi HF di Indonesia. Mengingat, terdapat beberapa pengguna komunikasi HF yang menggunakan ASAPS sebagai piranti dalam melakukan manajemen kanal frekuensi HF, maka informasi tentang indeks-T regional Indonesia

menjadi penting. Dalam rangka meningkatkan layanan, maka kajian tentang indeks-T dan kaitannya dengan  $foF2$  dan  $R_{12}$  diperlukan. Sebagai langkah awal perlu dilakukan rekonstruksi persamaan linear yang menghubungkan T dengan  $foF2$  dari perangkat lunak ASAPS. Selanjutnya, persamaan linear yang diperoleh dapat digunakan sebagai pembanding untuk metode penentuan indeks-T yang dibangun berdasarkan hubungan linear antara  $R_{12}$  dengan  $foF2$  hasil pengamatan di stasiun pengamatan Biak, Kototabang, Pontianak, dan Sumedang.

Tujuan riset yang dilakukan adalah mendapatkan persamaan linear yang menghubungkan indeks-T dengan frekuensi kritis lapisan ionosfer ( $foF2$ ), untuk empat stasiun pengamatan ionosfer di Indonesia. Hasilnya berupa koefisien-koefisien persamaan linear untuk masing-masing stasiun. Persamaan dan kumpulan koefisien-koefisiennya dapat digunakan sebagai pembanding untuk riset selanjutnya, yaitu pengembangan metode untuk menentukan indeks ionosfer lokal empat stasiun tersebut.

## 2 DATA DAN METODOLOGI

Data yang digunakan merupakan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak ASAPS, untuk stasiun Biak (1°LS, 135°BT), Kototabang (0,3°LS, 105,33°BT), Pontianak (0,03°LS, 109,33°BT), dan Sumedang (6,91°LS, 107,83°BT). Simulasi dilakukan dengan langkah mengikuti skema pada Gambar 2-1.

Langkah pertama adalah menghitung *Maximum Usable Frequency* (MUF) untuk masing-masing stasiun dan selama bulan Januari hingga Desember. Penentuan MUF dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ASAPS dengan *mode District*, sehingga diperoleh nilai MUF pukul 00 hingga 23 UT (*Universal Time*). MUF untuk *mode District* adalah frekuensi tertinggi untuk komunikasi jarak sangat dekat sehingga

arah perambatan gelombang radio HF mendekati vertikal (*Near Vertical Incident Sounding*, NVIS) (Suhartini, 2011; Witvliet dan Alsina-Pagès, 2017). Oleh karena itu nilai MUF yang diperoleh dapat digunakan untuk hampiran nilai  $foF_2$  di masing-masing stasiun. Kemudian dihitung rata-rata MUF selama 24 jam yaitu  $\langle MUF \rangle$ .

Langkah berikutnya adalah mendefinisikan persamaan linear yang menghubungkan rata-rata  $foF_2$  selama 24 jam  $\langle foF_2 \rangle$  dengan indeks-T sebagai persamaan (2-1)

$$\langle foF_2 \rangle = \langle MUF \rangle = aT + b \tag{2-1}$$

dengan  $a$  dan  $b$  adalah koefisien yang bergantung terhadap lokasi/stasiun dan bulan. Nilai  $a$  dan  $b$  ditentukan dengan melakukan simulasi untuk  $T = 0$  dan  $T = 100$ . Nilai  $T = 0$  dan  $T = 100$  mewakili kondisi matahari tenang dan aktif. Simulasi menggunakan ASAPS diperoleh  $\langle MUF (T = 0) \rangle$  dan  $\langle MUF (T = 100) \rangle$  untuk masing-masing stasiun dan bulan. Nilai  $a$  dan  $b$  diperoleh dengan persamaan (2-2) dan (2-3).

$$a = \frac{\langle MUF (T = 100) \rangle - \langle MUF (T = 0) \rangle}{100} \tag{2-2}$$

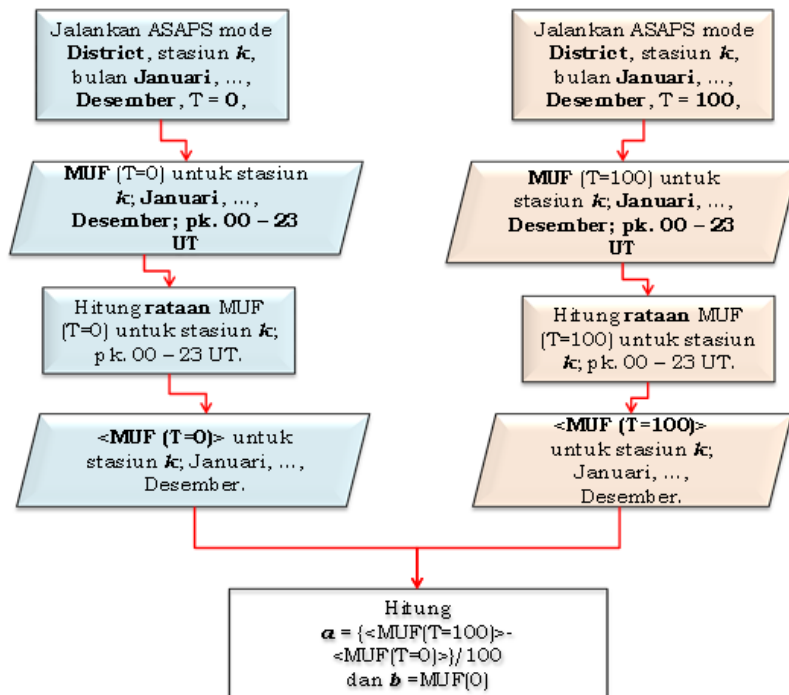
$$b = \langle MUF (T = 0) \rangle \tag{2-3}$$

Sebagai pembanding, dilakukan simulasi menggunakan  $R_{12}$  sebagai masukan perangkat lunak ASAPS. Skenarionya sama dengan simulasi menggunakan indeks-T. Hasil simulasi menggunakan *software* ASAPS diperoleh hubungan untuk  $T = 0$  sebanding dengan nilai  $R_{12} = 3$  dan untuk  $T = 100$  sebanding dengan nilai  $R_{12} = 95$ .

Hal ini dapat dilihat ketika menjalankan perangkat lunak ASAPS. Persamaan linear yang digunakan sama dengan persamaan (2-1) dengan mengganti  $T$  dengan  $R_{12}$  dan kemudian diperoleh nilai koefisien  $a$  dan  $b$  menggunakan persamaan (2-4) dan (2-5).

$$a = \frac{\langle MUF (R_{12} = 95) \rangle - \langle MUF (R_{12} = 3) \rangle}{95 - 3} \tag{2-4}$$

$$b = \langle MUF (R_{12} = 3) \rangle \tag{2-5}$$



Gambar 2-1: Skema simulasi dan pengolahan data

Analisis dilakukan terhadap koefisien  $a$  dan  $b$  yang ditentukan dengan skenario indeks-T, untuk bulan Januari hingga Desember. Perubahan nilai  $a$  dan  $b$  selama setahun akan menunjukkan ada atau tidaknya variasi musiman lapisan ionosfer. Demikian pula analisis terhadap nilai  $a$  dan  $b$  hasil skenario  $R_{12}$  akan menunjukkan ada atau tidaknya variasi musiman lapisan tersebut. Hasil kedua analisis tersebut haruslah sama, karena indeks-T diturunkan dari persamaan linear antara  $foF2$  dengan  $R_{12}$ , sehingga keduanya harus memiliki variasi yang sama.

Persamaan linear yang menghubungkan indeks-T dan  $foF2$  diperoleh dengan menentukan inversi dari persamaan (2-1). Karena nilai MUF yang diperoleh dari ASAPS mode *District* sebanding dengan  $foF2$ , maka dapat dituliskan persamaan linear (2-6).

$$T = a' \langle foF2 \rangle + b' \quad (2-6)$$

dengan  $a'$  dan  $b'$  adalah koefisien yang bergantung terhadap lokasi/stasiun dan bulan. Nilai  $a'$  dan  $b'$  ditentukan dengan persamaan (2-7) dan (2-8).

$$a' = \frac{100}{(\langle MUF(T=100) \rangle - \langle MUF(T=0) \rangle)} \quad (2-7)$$

$$b' = -a' \langle MUF(T=0) \rangle \quad (2-8)$$

Koefisien-koefisien  $a'$  dan  $b'$  yang diperoleh kemudian akan dijadikan pembandingan untuk riset selanjutnya.

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi menggunakan ASAPS dan pengolahan data yang telah dilakukan menghasilkan koefisien-koefisien  $a$  dan  $b$  seperti ditunjukkan pada Tabel 3-1 dan Tabel 3-2. Secara grafis, variasi nilai  $a$  dan  $b$  selama 1

tahun diperlihatkan oleh Gambar 3-1 dan Gambar 3-2.

Untuk simulasi menggunakan indeks-T sebagai masukan diperoleh  $0,026 \leq a \leq 0,047$  dan  $5,528 \leq b \leq 8,225$ . Koefisien  $a$  minimum terjadi untuk stasiun Sumedang pada bulan November, sedangkan nilai maksimumnya terjadi untuk stasiun Sumedang pada bulan April dan stasiun Biak pada bulan Mei. Kemudian, koefisien  $b$  minimum terjadi pada bulan Juni di stasiun Sumedang dan maksimumnya terjadi pada bulan November di stasiun yang sama.

Gambar 3-1 panel (a) menunjukkan variasi  $a$  dalam setahun. Pada bulan Maret, April, Mei, dan Juni, nilai konstanta  $a$  relatif lebih tinggi dibandingkan pada bulan-bulan lainnya. Koefisien  $a$  menunjukkan tingkat pengaruh aktivitas matahari terhadap perubahan  $\langle foF2 \rangle$ , sehingga dengan jelas bahwa pada bulan Maret – Juni pengaruh matahari terhadap ionisasi di lapisan ionosfer di atas Indonesia lebih tinggi dibandingkan pengaruhnya pada bulan-bulan lainnya.

Gambar 3-1 panel (b) menunjukkan variasi nilai  $b$  selama satu tahun. Dari grafik ini terlihat adanya variasi musiman. Koefisien  $b$  menunjukkan batas minimum nilai  $\langle foF2 \rangle$  di stasiun tertentu pada saat aktivitas matahari minimum. Pada bulan Maret – April dan September – November nilai  $b$  lebih tinggi dibandingkan nilainya pada bulan-bulan lainnya. Ini artinya bahwa pada saat matahari di atas khatulistiwa dan belahan bumi selatan, maka ionisasi di lapisan ionosfer di 4 stasiun tersebut lebih tinggi. Hal ini karena pada saat itu intensitas energi matahari yang memasuki lapisan ionosfer lebih tinggi dibandingkan bulan-bulan lain ketika posisi matahari ada di belahan bumi utara. Faktor posisi matahari ini nampaknya juga telah diperhitungkan dalam perangkat lunak ASAPS.

Tabel 3-1: KOEFISIEN  $a$  DAN  $b$  UNTUK PERSAMAAN LINEAR (2-1) ANTARA  $\langle f_oF_2 \rangle$  DI ATAS STASIUN BIAK, KOTOTABANG, PONTIANAK, DAN SUMEDANG DENGAN INDEKS IONOSFER ( $T$ ) MENGGUNAKAN PERSAMAAN (2-2) DAN (2-3)

Bulan	Biak		Kototabang		Pontianak		Sumedang	
	$a$	$b$	$a$	$b$	$a$	$b$	$a$	$b$
Januari	0,031	5,967	0,031	5,800	0,031	5,779	0,029	6,583
Februari	0,038	6,267	0,034	6,446	0,034	6,404	0,040	6,538
Maret	0,037	7,496	0,035	7,554	0,034	7,513	0,042	7,142
April	0,044	7,279	0,040	7,613	0,040	7,604	<b>0,047</b>	6,513
Mei	<b>0,047</b>	6,104	0,042	6,583	0,042	6,567	0,045	5,558
Juni	0,043	5,583	0,040	5,958	0,041	5,933	0,037	5,258
Juli	0,035	5,667	0,036	5,946	0,036	5,925	0,036	5,571
Agustus	0,030	6,279	0,033	6,458	0,033	6,442	0,027	6,217
September	0,031	7,000	0,032	7,167	0,031	7,133	0,035	6,983
Oktober	0,032	7,796	0,032	7,600	0,032	7,567	0,034	7,975
November	0,027	7,592	0,030	7,267	0,030	7,125	<b>0,026</b>	8,225
Desember	0,028	6,763	0,031	6,233	0,030	6,263	0,029	7,279

Tabel 3-2: KOEFISIEN  $a$  DAN  $b$  UNTUK PERSAMAAN LINEAR (2-1) ANTARA  $\langle f_oF_2 \rangle$  DI ATAS STASIUN BIAK, KOTOTABANG, PONTIANAK, DAN SUMEDANG DENGAN BILANGAN BINTIK MATAHARI ( $R_{12}$ ) MENGGUNAKAN PERSAMAAN (2-4) DAN (2-5)

Bulan	Biak		Kototabang		Pontianak		Sumedang	
	$a$	$b$	$a$	$b$	$a$	$b$	$a$	$b$
Januari	0,030	6,067	0,031	5,900	0,031	5,871	0,029	6,667
Februari	0,038	6,388	0,034	6,550	0,034	6,504	0,040	6,663
Maret	0,037	7,592	0,035	7,654	0,034	7,621	0,042	7,263
April	0,045	7,396	0,041	7,733	0,040	7,717	<b>0,047</b>	6,675
Mei	<b>0,047</b>	6,263	0,042	6,725	0,042	6,696	0,045	5,692
Juni	0,043	5,713	0,040	6,096	0,041	6,058	0,037	5,358
Juli	0,035	5,767	0,036	6,058	0,036	6,042	0,036	5,675
Agustus	0,030	6,363	0,033	6,554	0,033	6,533	0,027	6,300
September	0,031	7,096	0,031	7,263	0,031	7,221	0,035	7,083
Oktober	0,032	7,883	0,032	7,704	0,032	7,646	0,034	8,079
November	0,027	7,675	0,026	7,704	0,030	7,213	0,026	8,308
Desember	0,028	6,838	0,031	6,329	0,030	6,338	0,029	7,371

Jika diperhatikan lebih seksama pada Gambar 3-1, perubahan nilai  $a$  dan  $b$  untuk stasiun Sumedang lebih drastis dibandingkan dengan perubahan untuk 3 stasiun lainnya. Artinya, nilai minimum dan maksimum koefisien  $a$  dan  $b$ , semuanya terjadi di stasiun Sumedang. Dengan kata lain selisih antara nilai maksimum dan minimum kedua koefisien tersebut paling besar terjadi untuk stasiun Sumedang. Selisih nilai maksimum dan minimum koefisien  $a$  adalah  $0,047 - 0,026 = 0,021$ . Ini

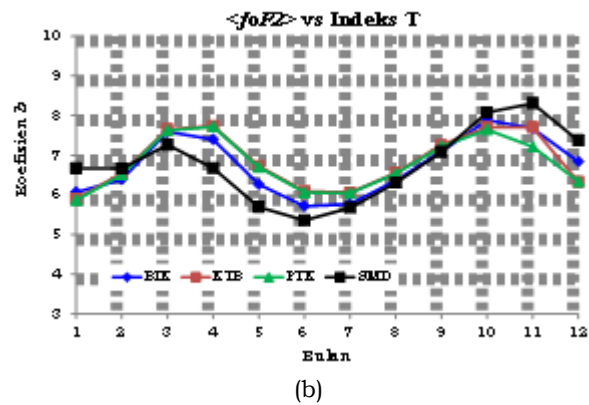
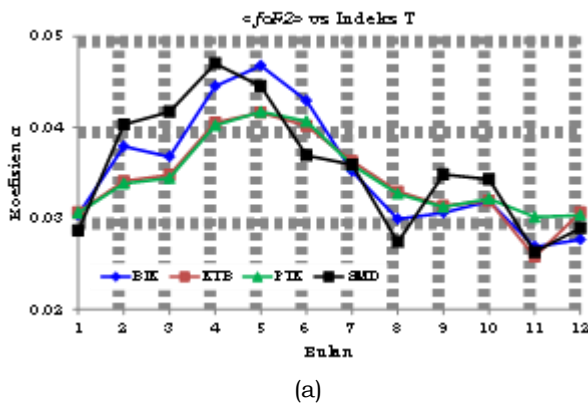
artinya, perubahan indeks-T sebesar 10 akan menyebabkan perbedaan  $\langle f_oF_2 \rangle$  bulan April dan November di stasiun Sumedang sebesar 0,21 MHz, sementara di stasiun lainnya perubahannya kurang dari 0,21 MHz. Kemudian selisih nilai maksimum dan minimum koefisien  $b$  adalah  $8,225 - 5,258 = 2,967$ , yang berarti bahwa saat matahari tenang selisih nilai  $\langle f_oF_2 \rangle$  antara bulan Juni dan November di Sumedang adalah sekitar 3 MHz, sedangkan di stasiun lainnya kurang dari angka tersebut.

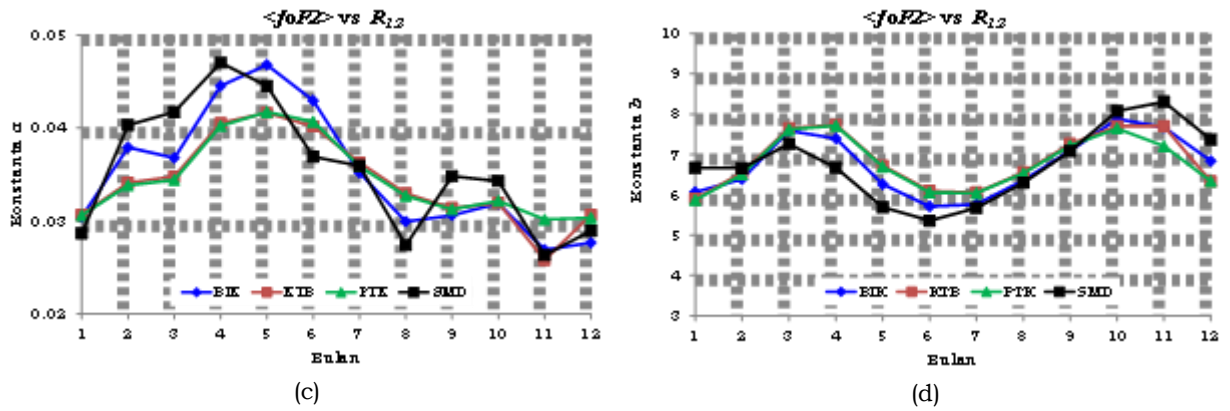
Untuk simulasi menggunakan indeks  $R_{12}$  diperoleh nilai koefisien-koefisien  $a$  dan  $b$  pada rentang  $0,026 \leq a \leq 0,047$  dan  $5,358 \leq b \leq 8,308$ . Rentang nilai  $a$  ini agak lebih rendah dibandingkan dengan hasil Ozguc *et al.* (2008) dan nilai rentang  $b$  lebih tinggi. Untuk aktivitas matahari siklus ke-22 dan ke-23 Ozguc *et al.* (2008) mendapatkan nilai  $a$  pada rentang  $0,037 \leq a \leq 0,054$  dan nilai  $b$  pada rentang  $4,34 \leq a \leq 5,49$ . Gambar 3-1 menunjukkan tentang konsistensi tersebut. Sedikit perbedaan ini diduga karena perbedaan derajat lintang dari lokasi pengamatan ionosfer. Mereka menggunakan data  $foF2$  hasil pengamatan di Roma ( $41,9^\circ\text{LU}$ ) dan Slough ( $51,5^\circ\text{LU}$ ), sedangkan empat stasiun yang digunakan dalam penelitian ini terletak di antara  $0^\circ\text{LS}$  hingga  $7^\circ\text{LS}$ .

Rentang nilai  $a$  yang diperoleh dengan simulasi menggunakan indeks-T persis sama dengan rentang nilai  $a$  untuk simulasi menggunakan  $R_{12}$ . Kemudian rentang nilai  $b$  yang diperoleh dari dua simulasi juga hampir sama. Hal ini ditunjukkan oleh Gambar 3-1 bahwa variasi koefisien  $a$  pada panel (c) sama seperti variasi koefisien  $a$  pada panel (a). Demikian pula antara panel (d) dengan panel (b) yang menunjukkan kesamaan nilai kontanta  $b$ . Hal ini menunjukkan bahwa terdapat

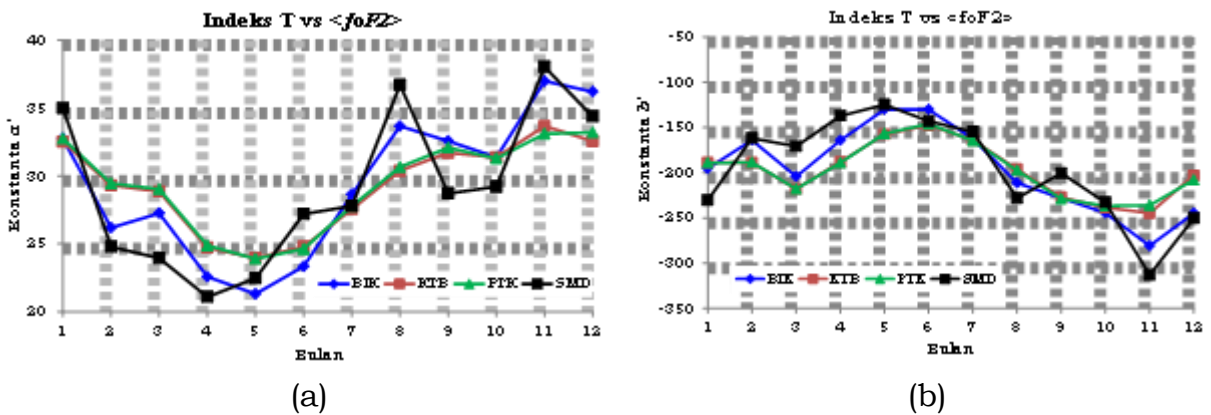
konsistensi dari nilai koefisien  $a$  dan  $b$  yang diperoleh, mengingat indeks-T diturunkan dari hubungan linear antara  $\langle foF2 \rangle$  dengan  $R_{12}$ . Secan dan Wilkinson (1997) telah menunjukkan bahwa korelasi antara indeks-T dan  $R_{12}$  sangat kuat ( $R^2 = 0,998$ ).

Selanjutnya, perhitungan koefisien  $a'$  dan  $b'$  yang menghubungkan indeks-T dengan  $\langle foF2 \rangle$  seperti pada persamaan (2-7) dan (2-8) diperoleh nilai-nilai seperti pada Tabel 3-3. Nilai koefisien  $a'$  dan  $b'$  secara grafis ditunjukkan pada Gambar 3-2. Pola grafik kedua koefisien ini merupakan kebalikan (inversi) dari pola grafik koefisien  $a$  dan  $b$  pada Gambar 3-1. Secara umum diperoleh  $21,071 \leq a' \leq 38,035$  dan  $-312,837 \leq b' \leq -124,790$ . Nilai minimum dan maksimum kedua koefisien tersebut diperoleh untuk stasiun Sumedang. Ini menunjukkan bahwa ionosfer di atas Sumedang relatif lebih dinamis dibandingkan dengan 3 stasiun lainnya dan merupakan indikasi bahwa Sumedang lebih dekat ke puncak anomali ionosfer. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ionosfer di atas Sumedang lebih menunjukkan sifat daerah anomali karena lebih dekat dengan *anomaly crest region* (Abadi *et al.*, 2014).





Gambar 3-1: Grafik koefisien  $a$  (kiri) dan  $b$  (kanan) hasil simulasi ASAPS menggunakan indeks-T (panel (a) dan (b)), dan bilangan sunspot  $R_{12}$  (panel (c) dan (d)) sebagai masukan



Gambar 3-2: Grafik koefisien  $a'$  (panel a) dan  $b'$  (panel b) hasil simulasi menggunakan ASAPS

Tabel 3-3: KOEFISIEN  $a'$ , DAN  $b'$  UNTUK PERSAMAAN LINEAR  $\langle foF 2 \rangle$  DI ATAS STASIUN BIAK, KOTOTABANG, PONTIANAK, DAN SUMEDANG DENGAN INDEKS IONOSFER ( $T$ )

Bulan	Biak		Kototabang		Pontianak		Sumedang	
	$a'$	$b'$	$a'$	$b'$	$a'$	$b'$	$a'$	$b'$
Januari	32,742	-195,362	32,520	-188,618	32,742	-189,222	34,985	-230,321
Februari	26,172	-164,013	29,304	-188,889	29,448	-188,589	24,768	-161,920
Maret	27,242	-204,200	28,846	-217,909	29,021	-218,017	23,928	-170,887
April	22,556	-164,192	24,717	-188,157	24,870	-189,119	21,071	-137,226
Mei	21,295	-129,991	23,928	-157,527	23,881	-156,816	22,451	-124,790
Juni	23,324	-130,224	24,768	-147,575	24,615	-146,051	27,180	-142,922
Juli	28,640	-162,291	27,555	-163,835	27,778	-164,583	27,778	-154,745
Agustus	33,661	-211,360	30,380	-196,203	30,651	-197,446	36,697	-228,135
September	32,564	-227,951	31,704	-227,213	32,086	-228,877	28,708	-200,478
Oktober	31,373	-244,575	31,373	-238,431	31,291	-236,767	29,197	-232,847
November	36,980	-280,740	33,661	-244,600	33,103	-235,862	38,035	-312,837
Desember	36,199	-244,796	32,564	-202,985	33,195	-207,884	34,384	-250,287

Nilai koefisien  $a'$  dan  $b'$  dapat digunakan sebagai data pembandingan dalam riset tentang indeks ionosfer di atas Indonesia. Pada dasarnya riset

pengembangan indeks ionosfer regional adalah menentukan nilai koefisien  $a'$  dan  $b'$  untuk masing-masing stasiun pengamatan ionosfer, dengan

menggunakan hubungan linear antara rata-rata dari median  $foF2$  ( $\langle foF2 \rangle$ ), yang diperoleh dari pengamatan jangka panjang, dengan bilangan sunspot  $R_{12}$ .

#### 4 KESIMPULAN

Dalam riset ini telah diperoleh persamaan linear (2-6) dengan koefisien  $a'$  dan  $b'$  (Tabel 3-3) yang menghubungkan indeks-T dengan  $\langle foF2 \rangle$  untuk stasiun Biak, Kototabang, Pontianak, dan Sumedang. Persamaan yang diperoleh bersifat konsisten didukung oleh koefisien  $a$  dan  $b$  yang diperoleh dari simulasi menggunakan hubungan antara  $\langle foF2 \rangle$  dengan indeks-T dan dengan  $R_{12}$  (persamaan (2-1) memiliki nilai yang sangat dekat. Persamaan linear (2-6) untuk menentukan indeks T yang diperoleh dicirikan oleh koefisien  $a'$  dan  $b'$  yang nilainya berbeda-beda untuk masing-masing bulan dan stasiun. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh posisi matahari terhadap perubahan  $foF2$  juga telah dimasukkan ke dalam persamaan linear yang diperoleh.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sdr. Tiar Dani, selaku Peneliti Utama/Kepala Program Program Insentif Riset Pratama (INSINAS) Tahun 2018 dengan judul “*Pengembangan Sistem Layanan Informasi dan Prediksi Cuaca Antarkasa*”, yang telah

memberikan dukungan pembiayaan terhadap riset yang telah dilakukan.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Abadi, P., S. Saito, W., Srigutomo, 2014. *Low-latitude Scintillation Occurrences Around the Equatorial Anomaly Crest Over Indonesia*. Ann. Geophys., 32, 7–17, doi:10.5194/angeo-32-7-2014
- Caruana, J. 1990. *The IPS Monthly T index, Solar-Terrestrial Predictions*. Proc. of a Workshop at Leura, Australia, Oct. 16–20, 2, 257–263.
- Ozguç, A., T. Ataç, R. Pektaş, 2008. *Examination of the Solar Cycle Variation of foF2 for Cycles 22 and 23*. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics 70 (2008) 268–276.
- Secan. J. A., P. J., Wilkinson, 1997. *Statistical Studies of an Effective Sunspot Number*. Radio Science Volume 32, Number 4, Pages 1717–1724 July–August
- Suhartini, S., 2011. *Komunikasi Radio High Frequency Jarak Dekat*. Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara, Vol. 6, No. 1, halaman 12 – 17.
- Turner, J. F. 1968. *The Development of the Ionospheric Index T*. IPS Series R, Report, R11, June, 1968.
- Witvliet, B. A., R. M. Alsina-Pagès, 2017. *Radio Communication via Near Vertical Incidence Skywave Propagation: An Overview*. Telecommunication System (2017) 66:295–309 DOI 10.1007/s11235-017-0287-2
- [http://www.sws.bom.gov.au/HF\\_Systems/1/6](http://www.sws.bom.gov.au/HF_Systems/1/6), diakses 10 April 2019.