

MANAJEMEN FREKUENSI DAN EVALUASI KANAL HF SEBAGAI LANGKAH ADAPTASI TERHADAP PERUBAHAN KONDISI LAPISAN IONOSFER

Jiyo, Sri Suhartini, Varuliantor Dear
Penelit Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi, LAPAN
e-mail: jiyolpnbdg@yahoo.com

RINGKASAN

Dalam makalah ini dibahas tentang manajemen frekuensi HF sebagai suatu langkah adaptasi terhadap perubahan kondisi lapisan ionosfer dalam rangka mengoptimalkan penggunaan komunikasi radio HF. Dari pembahasan berdasarkan rujukan dan data ionosfer, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut: (i) dinamika lapisan ionosfer memberikan dampak terhadap propagasi gelombang radio HF (3-30 MHz); (ii) perlu dilakukan langkah adaptasi dengan cara manajemen frekuensi dan evaluasi kanal agar penggunaan komunikasi radio HF lebih optimal; (iii) manajemen frekuensi dan evaluasi kanal frekuensi adalah langkah adaptasi yang dapat dilakukan sebelum dan sesudah kanal tersebut diberikan izin penggunaannya; (iv) langkah manajemen frekuensi dan evaluasi kanal frekuensi memerlukan paket program prediksi frekuensi berdasarkan metode atau model ionosfer.

1 LATAR BELAKANG

Gelombang radio pada pita (*band*) HF (*High Frequency*: 3-30 MHz) dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer sehingga menjangkau tempat yang sangat jauh tanpa perangkat penerus sinyal (*repeater* atau *transponder*). Dengan demikian komunikasi radio pada pita HF untuk jarak jauh akan dipengaruhi oleh perubahan yang terjadi di lapisan ionosfer. Oleh karena itu, pemahaman tentang gelombang radio HF dan kaitannya dengan dinamika lapisan ionosfer perlu dikuasai, baik oleh regulator penggunaan frekuensi maupun operator komunikasi radio HF.

Upaya pemahaman tentang perambatan gelombang radio HF dan dinamika lapisan ionosfer telah menjadi salah satu tugas pokok Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi, Pusat Sains Antariksa, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Hasil kegiatan riset dan pengembangan tentang dinamika ionosfer regional (Indonesia) dan kaitannya dengan perambatan atau propagasi gelombang radio HF, dapat dimanfaatkan

sebagai bahan pertimbangan oleh lembaga regulator dalam memberikan izin frekuensi kepada penggunaannya. Sedangkan bagi operator komunikasi radio HF, hasil riset dan pengembangan tersebut dapat digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan perangkat radio dan kanal frekuensi yang telah diberikan.

Salah satu hasil riset dan pengembangan pengetahuan ionosfer adalah model ionosfer, baik model global maupun model regional. Model yang diperoleh kemudian dikemas dalam bentuk paket program (*software*) yang dapat digunakan untuk mengetahui 'kemampuan pantul' dari lapisan ionosfer di lokasi dan pada waktu tertentu. Informasi tentang 'kemampuan pantul' lapisan ionosfer diwujudkan dalam bentuk prediksi frekuensi. Informasi ini dapat digunakan untuk menentukan frekuensi yang cocok digunakan untuk komunikasi radio dengan jarak dan waktu tertentu. Dengan demikian, informasi prediksi frekuensi ini dapat digunakan sebagai

bahan pertimbangan dalam menentukan dan memberikan izin frekuensi kepada pengguna.

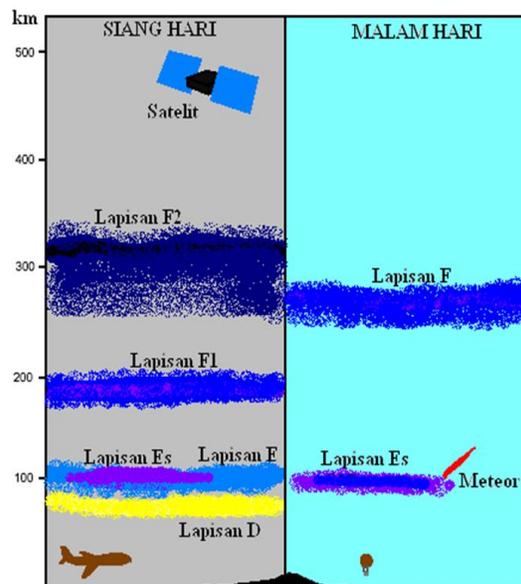
Tujuan dari penulisan ini adalah memberikan pemahaman tentang langkah adaptasi dalam operasional komunikasi radio HF terhadap perubahan kondisi lapisan ionosfer, yaitu manajemen frekuensi dan evaluasi kanal. Dengan pemahaman ini, maka operator komunikasi radio dapat melakukan langkah-langkah optimasi penggunaan kanal frekuensi. Demikian pun lembaga regulator dapat memberikan izin penggunaan kanal frekuensi yang optimal kepada suatu stasiun radio komunikasi yang memerlukan.

2 LAPISAN IONOSFER DAN PERAMBATAN GELOMBANG RADIO HF

Lapisan ionosfer adalah bagian dari lapisan atmosfer Bumi yang menempati ketinggian 60 km hingga 1000 km. Bagian-bagian dari lapisan ionosfer terdiri dari lapisan D (60-80 km), lapisan E/Es (80-150 km), lapisan F1 (150-200km), dan lapisan F2 (200-1000 km) (Gambar 2-1). Lapisan ini tersusun dari ion dan elektron sehingga disebut juga sebagai *plasma*. Lapisan ini dapat diukur kerapatan elektronnya yang kemudian dengan kerapatan elektron tersebut dapat diturunkan menjadi frekuensi plasmanya. Karena sifatnya, lapisan ionosfer mampu 'memantulkan' gelombang radio HF. Syarat terjadinya pemantulan gelombang radio HF oleh lapisan ionosfer adalah jika frekuensinya sama dengan frekuensi lapisan tersebut.

Secara umum, kerapatan elektron lapisan ionosfer bervariasi sepanjang hari, sepanjang tahun, dan sepanjang siklus Matahari (~11 tahun). Kerapatan elektron lapisan ionosfer juga berubah terhadap posisi lintang. Ini berarti bahwa frekuensi lapisan ionosfer bervariasi

sepanjang hari, sepanjang tahun, sepanjang 11 tahun, dan terhadap perubahan garis lintang. Variasi lapisan ionosfer diamati menggunakan radar HF yang disebut ionosonda. Dari pengamatan menggunakan ionosonda diperoleh *ionogram* yang menggambarkan (sumbu tegak) ketinggian dan frekuensi (sumbu mendatar) lapisan ionosfer (Gambar 2-2).

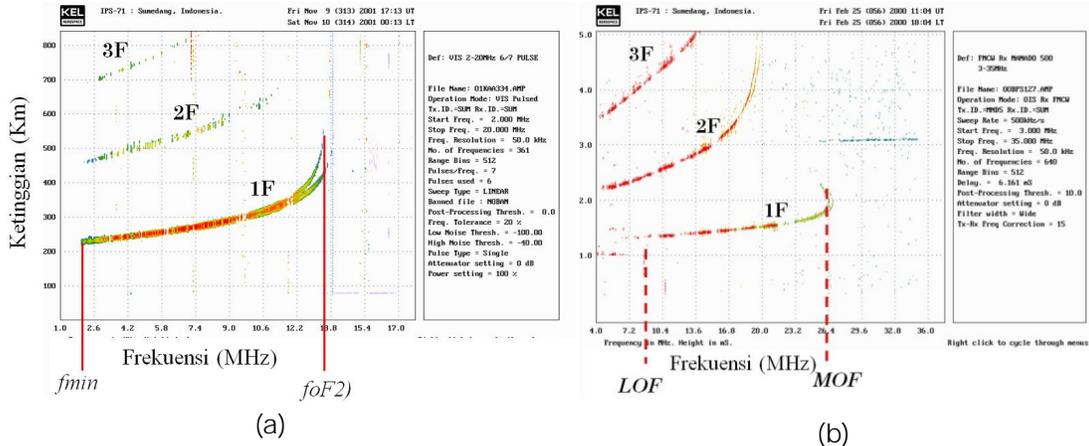


Gambar 2-1: Skema lapisan ionosfer dan bagian-bagiannya

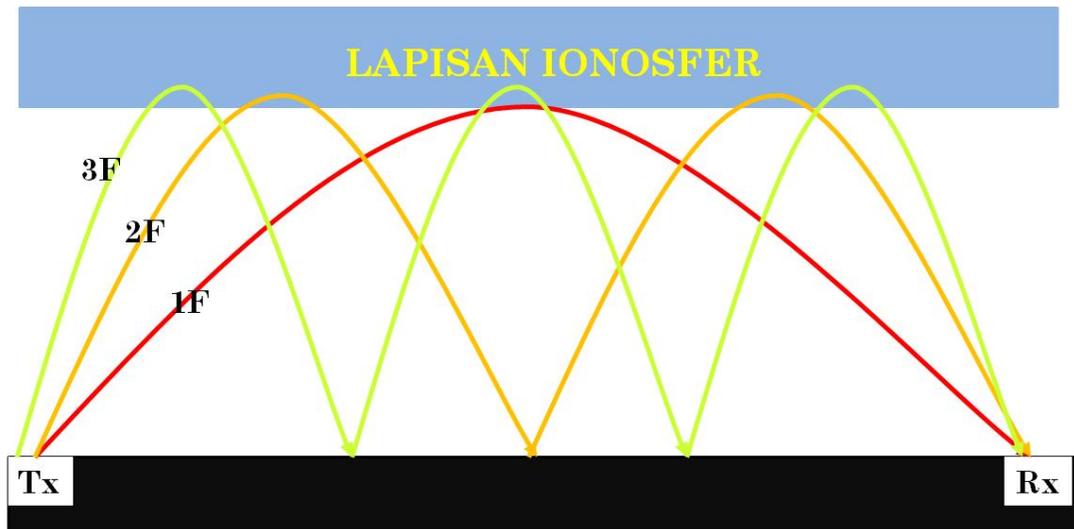
Tidak semua gelombang radio dipantulkan oleh lapisan ionosfer. Frekuensi gelombang radio yang dipantulkan oleh lapisan ionosfer mempunyai batas bawah dan batas atasnya. Untuk gelombang radio yang merambat vertikal (hasil pengamatannya disebut *ionogram vertikal*), batas bawah frekuensi lapisan disebut *fmin* dan batas atasnya disebut frekuensi kritis (*foF2*) (lihat Gambar 2-2a). Sedangkan untuk gelombang radio yang memancar miring (*ionogram oblique*), batas bawah frekuensi gelombang radio yang dipantulkan ionosfer disebut *Lowest Oblique Frequency* (LOF) dan batas atasnya disebut *Maximum Oblique Frequency* (MOF) (Gambar 2-2b).

Pemantulan gelombang radio oleh lapisan ionosfer dapat beberapa kali (Gambar 2-3). Gelombang radio yang dipantulkan oleh lapisan F sebanyak 1 kali, 2 kali, dan 3 kali berturut-turut disebut *mode* propagasi 1F, 2F, dan 3F. Masing-masing mode propagasi mempunyai batas frekuensi berbeda. Demikian

pula panjang lintasan yang ditempuh oleh gelombang juga berbeda, sehingga masing-masing mode propagasi membutuhkan daya pancar dan sudut pancar yang berbeda. Sudut pancar adalah sudut yang terbentuk antara berkas gelombang radio dengan permukaan Bumi.



Gambar 2-2: Ionogram yang menyatakan jejak (*trace*) lapisan ionosfer



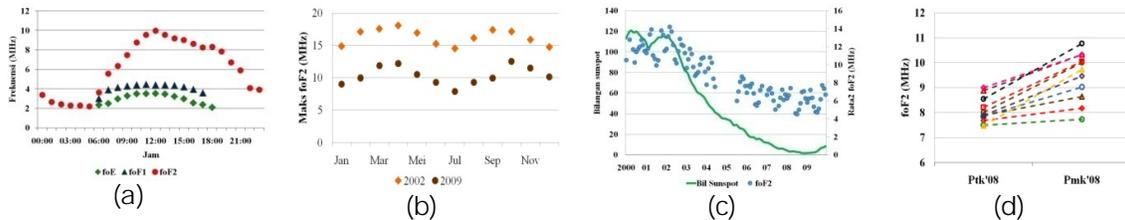
Gambar 2-3: Skema pemantulan gelombang radio HF oleh lapisan ionosfer

3 DINAMIKA IONOSFER, MANAJEMEN FREKUENSI, DAN EVALUASI KANAL

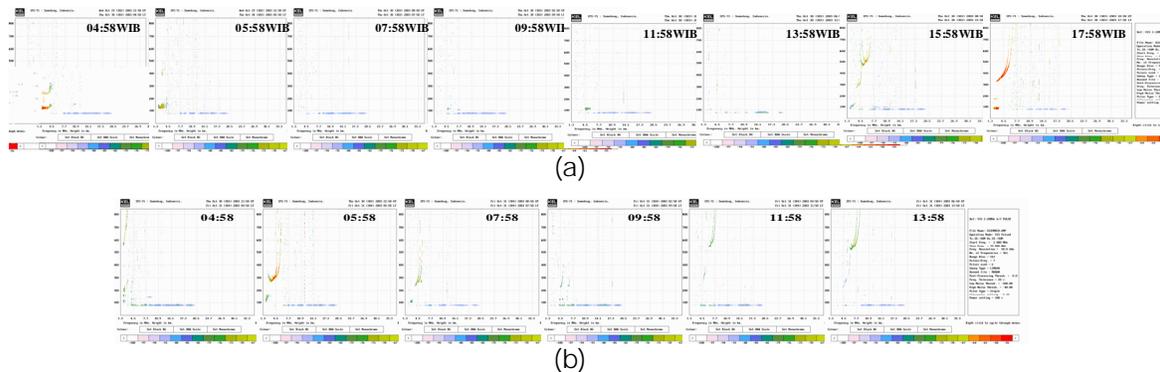
Penelitian dinamika lapisan ionosfer dilakukan untuk mengetahui sifat reguler dan tak-reguler dari lapisan ionosfer. Sifat reguler lapisan ionosfer regional ditunjukkan oleh Gambar 3-1. Variasi harian, musiman, *dekadal*, dan variasi terhadap garis lintang menunjukkan bahwa kemampuan pantul lapisan ionosfer juga bervariasi (Jiyo, 2007) karena nilai frekuensi lapisan ionosfer bervariasi. Variasi ini mengisyaratkan bahwa satu kanal frekuensi yang digunakan oleh satu stasiun radio tidak mungkin selalu dapat digunakan setiap saat.

Sifat tak-reguler (*anomali*) dari lapisan ionosfer akan menyebabkan gangguan komunikasi radio. Sesuai dengan namanya, kejadiannya tidak reguler sehingga gangguan yang akan

ditimbulkan juga tidak teratur datangnya. Namun demikian, sumber utama yang menjadi penyebabnya telah diketahui yaitu Matahari (Jiyo dan Yatini, 2005; Jiyo, 2009). Selain itu juga diketahui adanya waktu tunda (*delay*) antara kejadian di Matahari dengan anomali di lapisan ionosfer, sehingga dapat dibangun sistem peringatan dini (*early warning*). Contoh kondisi tak-reguler lapisan ionosfer adalah badai ionosfer tanggal 30 dan 31 Oktober 2003 sebagai akibat kejadian ledakan (*flare*) yang disertai lontaran masa *Coronal Mass Ejection* (CME) di Matahari pada tanggal 28 dan 29 Oktober 2003 (Gambar 3-2). Dari contoh kejadian ini terlihat bahwa pada tanggal 30 dan 31 Oktober terjadi *blackout* (komunikasi terputus) yang ditandai dengan hilangnya jejak (*trace*) lapisan ionosfer pada ionogram.



Gambar 3-1: Variasi lapisan ionosfer regional Indonesia: (a) variasi harian, (b) variasi musiman, (c) variasi dekadal, dan (d) variasi terhadap lintang



Gambar 3-2: Rangkaian ionogram yang menunjukkan adanya *blackout* di atas Tanjungsari pada tanggal 30 (a) dan 31 (b) Oktober 2003

Sifat reguler lapisan ionosfer secara global telah dibuatkan modelnya dan digunakan untuk melakukan prediksi jangka panjang dari kemampuan pantul lapisan ionosfer. Hingga saat ini cukup banyak paket program prediksi yang telah dikembangkan berdasarkan model ionosfer. Beberapa nama program prediksi, perintis, dan rujukan modelnya ditunjukkan pada Tabel 3-1 (Goodman, 2005). Masing-masing paket program prediksi mempunyai kelebihan yang berbeda. Keluaran paket program tersebut dapat digunakan untuk melakukan manajemen frekuensi dan evaluasi kanal, baik kanal yang akan maupun yang sudah diberikan kepada pengguna.

Manajemen frekuensi atau kanal dimaksudkan sebagai pemilihan kanal frekuensi (bagi stasiun radio yang memiliki lebih dari 1 kanal) atau waktu penggunaannya sesuai dengan kemampuan pantul lapisan ionosfer hasil prediksi. Keluaran paket program prediksi adalah rentang frekuensi minimum hingga maksimum. Frekuensi minimum yang dapat digunakan didefinisikan sebagai *Lowest Usable Frequency* (LUF) yang merupakan nilai prediksi *LOF* berdasarkan model. Sedangkan frekuensi maksimum yang dapat digunakan adalah *Maximum Usable Frequency* (MUF) yang merupakan nilai prediksi dari *MOF*.

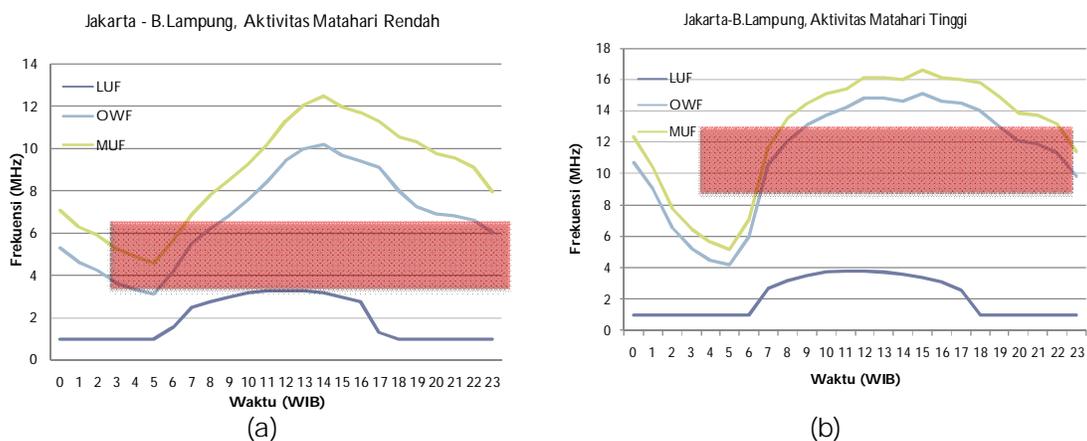
Selain kedua parameter itu, paket program prediksi juga menghasilkan nilai frekuensi yang optimum digunakan *Optimum Working Frequency* (OWF) yang secara umum nilainya sekitar 85% dari nilai *MUF*.

Sebagai contoh, misalkan satu stasiun radio di Jakarta mendapatkan izin 2 kanal frekuensi yaitu 4 MHz dan 10 MHz yang digunakan untuk komunikasi dengan satu stasiun di Bandar Lampung antara pukul 7:00 WIB hingga 16:00 WIB. Berdasarkan hasil prediksi menggunakan paket program *Advanced Stand-Alone Prediction System* (ASAPS) pada Gambar 3-3, maka kanal-1 (4MHz) dapat digunakan pada saat Matahari tenang (misalnya tahun 2017-2018). Sedangkan pada saat Matahari aktif (misalnya tahun 2012-2014), kanal-2 (10 MHz) yang dapat digunakan. Jika kanal-1 'dipaksa' digunakan pada saat Matahari aktif, maka kemungkinan keberhasilannya akan lebih kecil dibandingkan kanal-2. Hal ini dikarenakan kanal-1 dekat dengan batas bawah rentang frekuensinya atau *LUF*-nya (panel-b pada Gambar 3-3). Demikian pula sebaliknya, jika kanal-2 digunakan pada saat Matahari tenang, maka kemungkinannya keberhasilannya akan lebih kecil dibandingkan kanal-1 (panel-a pada Gambar 3-3).

Tabel 3-1: PAKET PROGRAM PREDIKSI LAPISAN IONOSFER

Model	Perintis	Rujukan
FTZ	Deutsche Bundespost	Ochs (1970)
CCIR-252-2	CCIR/ITU	CCIR Rpt 252-2[CCIR, 1970]
CCIR-252-2(Sup)	CCIR/ITU	CCIR Rpt 252-2 Supp [CCIR, 1982]
CCIR-894-1	CCIR/ITU	CCIR Rpt 894 [CCIR, 1986]
HFBC84	WARC/ITU	[ITU-WARC, 1984]
REC533	ITU-R	[ITU-R REC533, 1987]
HFMUFES	ITS-Boulder	[Haydon et al, 1976]
IONCAP	ITS-Boulder	[Teters et al, 1983]
VOACAP	ITS-Boulder/NRL/VOA	ITS website
ICEPAC	ITS-Boulder/US Air Force	ITS website
RADARC	ITS-Boulder/NRL	[Lucas et al, 1972] [Headrick et al, 1971]
ASAPS	IPS-Australia	[McNamara, 1991]

Sumber: Goodman, 2005; halaman 197



Gambar 3-3: Prediksi *LUF*, *OWF*, dan *MUF* sirkit Jakarta-Bandar Lampung pada saat Matahari tenang (a) dan saat Matahari aktif (b)

Informasi seperti pada Gambar 3-3 dapat pula digunakan untuk mengevaluasi suatu kanal frekuensi yang akan diberikan kepada pengguna. Caranya dengan mendapatkan jarak stasiun terjauh yang akan dihubungi dan waktu operasional komunikasi radio, maka dengan analisis menggunakan prediksi frekuensi kemudian dapat 'dipilihkan' frekuensi yang paling optimal untuk stasiun yang mengajukan izin frekuensi. Pada saat operasional, evaluasi kanal frekuensi juga dapat dilakukan oleh operator komunikasi radio. Caranya dengan menggunakan informasi tak-reguler dari lapisan ionosfer atau informasi kondisi lapisan ionosfer secara *real time*.

4 PAKET PROGRAM PREDIKSI FREKUENSI HF

Seperti telah dijelaskan pada bab 3 bahwa paket program prediksi frekuensi HF dapat digunakan untuk melakukan evaluasi kanal dan manajemen frekuensi. Pada umumnya, masukan yang dibutuhkan untuk menjalankan paket program prediksi adalah:

- Koordinat geografis (derajat lintang dan bujur) dari stasiun pemancar (Tx).
- Koordinat geografis dari stasiun penerima (Rx).

- Tanggal atau bulan berlakunya nilai prediksi dari *LUF*, *OWF*, dan *MUF*.
- Indeks aktivitas Matahari (misalnya bilangan sunspot) atau aktivitas ionosfer (indeks T).
- Untuk mendapatkan frekuensi terbaik *Best Usable Frequency (BUF)*, maka diperlukan informasi tentang kumpulan kanal frekuensi yang dipunyai, daya pancar maksimum, tipe antena, *Signal to Noise Ratio (SNR)* yang diinginkan, dan lain-lain.

Sedangkan keluaran yang diperoleh pada umumnya adalah:

- Jarak antara Tx dan Rx dalam satuan kilometer.
- *Bearing* atau arah antara Tx dan Rx dalam satuan derajat.
- Sudut elevasi optimal untuk masing masing *mode* propagasi (1F, 2F, 1E, 2E) dalam satuan derajat.
- Nilai *LUF*, *OWF*, dan *MUF* dalam satuan *Mega Hertz (MHz)*. Ada pula paket program yang menyediakan prediksi parameter lainnya seperti *UD (Upper Decile)* yang mempunyai peluang keberhasilan kurang dari 10%.

Contoh keluaran paket program prediksi ASAP seperti pada Tabel 4-1.

Tabel 4-1: CONTOH KELUARAN PAKET PROGRAM PREDIKSI FREKUENSI KOMUNIKASI HF

First Mode: 1F 25-38 1E 8							Second Mode: 2F 45-58 2E 20						
WIB	UD	MUF	OWF	EMUF	LUF		UD	MUF	OWF	EMUF	LUF	WIB	
0	9,1	7,3	5,1	1,5	1		6,5	5,3	3,9	0,9	1	0	
1	8,8	7	4,9	1,5	1		6,3	5,1	3,8	0,9	1	1	
2	8,3	6,3	4,3	1,5	1		6,2	4,8	3,4	0,9	1	2	
3	7,6	5,4	3,6	1,5	1		5,6	4,1	2,9	0,9	1	3	
4	6,5	4,6	3,1	1,5	1		5	3,7	2,6	0,9	1	4	
5	6,1	4,3	2,8	1,5	1		4,7	3,4	2,4	0,9	1	5	
6	7	5,4	4,1	1,5	1		5,2	4,2	3,2	0,9	1	6	
7	11,1	9,6	8	7,4	3,8		7,9	7	5,9	4,3	2,5	7	
8	13,9	12,1	10,1	9,6	4,7		10,3	9,1	7,6	5,7	3	8	
9	14,9	13	10,8	10,8	5,1		11,3	9,9	8,3	6,5	3,3	9	
10	16	13,6	11,4	11,6	5,4		12,3	10,5	8,9	7	3,5	10	
11	16,6	13,7	11,4	12,1	5,6		13,3	11	9,2	7,3	3,6	11	
12	17,1	14	11,7	12,3	5,7		13,4	11,1	9,3	7,3	3,6	12	
13	17,4	14,3	11,9	12,2	5,6		13,5	11,1	9,4	7,3	3,6	13	
14	17	14,1	11,6	11,8	5,5		13,3	11,1	9,2	7	3,5	14	
15	16,4	13,6	11,2	11	5,2		13	10,8	9	6,5	3,4	15	
16	16,6	13,8	11,3	9,9	4,8		12,9	10,8	9	5,8	3,1	16	
17	15,9	13,1	10,8	8	4,1		12,4	10,3	8,6	4,5	2,7	17	
18	14,9	12,3	9,5	1,5	1,1		11,2	9,4	7,3	0	1,6	18	
19	14	11,6	8,5	1,5	1		10,3	8,6	6,4	0,9	1	19	
20	13,6	11,2	8,2	1,5	1		9,4	7,8	5,8	0,9	1	20	
21	12	9,9	7,1	1,5	1		8,1	6,8	5,1	0,9	1	21	
22	10,2	8,3	5,9	1,5	1		7,2	5,9	4,4	0,9	1	22	
23	9,5	7,6	5,4	1,5	1		6,8	5,5	4,1	0,9	1	23	

Seiring dengan kemajuan teknologi internet, maka saat ini telah tersedia sarana untuk menjalankan paket program prediksi frekuensi secara *on-line*. Sebagai contohnya, fasilitas prediksi *on-line* yang disediakan oleh *IPS Radio and Space Service*, Australia pada alamat web <http://www.ips.gov.au>. Melalui alamat tersebut dapat dilakukan simulasi prediksi untuk sirkuit tertentu sesuai yang diinginkan. Karena *software* ini gratis, maka fitur yang disediakan masih relatif terbatas, sehingga untuk keperluan yang lebih luas diperlukan *software* yang berlisensi.

5 PENUTUP

Sebagai penutup dari pembahasan ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Dinamika lapisan ionosfer dapat memberikan dampak terhadap propa-

gasi gelombang radio pada pita frekuensi HF (3-30 MHz).

- Agar penggunaan komunikasi radio HF lebih optimal, maka perlu dilakukan langkah adaptasi terhadap perubahan kondisi lapisan ionosfer.
- Manajemen frekuensi dan evaluasi kanal merupakan langkah adaptasi terhadap perubahan kondisi lapisan ionosfer.
- Manajemen frekuensi dan evaluasi kanal dapat dilakukan sebelum dan sesudah kanal frekuensi tersebut diberikan izin penggunaannya kepada operator.
- Dalam melakukan manajemen frekuensi dan evaluasi kanal diperlukan paket program prediksi berdasarkan metode atau model ionosfer.

Paket program prediksi frekuensi yang akan digunakan untuk manajemen frekuensi dan evaluasi kanal dapat dipilih sesuai dengan kebutuhan lembaga regulator. Berkaitan dengan hal ini,

maka direkomendasikan bahwa paket program ASAPS dapat dijadikan pilihan karena menggunakan indeks ionosfer regional Indonesia dan LAPAN telah memiliki pengalaman penggunaan paket ini. Selain itu, beberapa satuan di lingkungan Mabes TNI dan POLRI juga telah memiliki *software* tersebut sehingga akan lebih mudah melakukan *sharing* pengalaman.

DAFTAR RUJUKAN

- Goodman, J. M., 2005. *"Space Weather and Telecommunications"*, Springer Science+Business Media, Inc.
- Jiyo dan C. Y. Yatini, 2005. *"Pengaruh Badai Antariksa Oktober-November 2003 Terhadap Lapisan Ionosfer dan Komunikasi Radio"*, Warta LAPAN, Vol. 7, No. 3.
- Jiyo, 2009. *"Kajian Pengaruh Badai Antariksa Terhadap Perubahan Frekuensi Maksimum Komunikasi Radio"*, Prosiding Seminar Antariksa IV.
- Jiyo, 2007. *"Variasi Lapisan F Ionosfer Indonesia"*, *Publikasi Ilmiah LAPAN: Sains Atmosfer & Iklim, Sains Antariksa serta Pemanfaatannya*.