

TELAAH PROPAGASI GELOMBANG RADIO DENGAN FREKUENSI 10,2 MHz DAN 15,8 MHz PADA SIRKIT KOMUNIKASI RADIO BANDUNG – WATUKOSEK DAN BANDUNG – PONTIANAK

Jiyo

Peneliti Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi, LAPAN

ABSTRACT

In this paper we discuss radio wave propagation on 10,200 MHz and 15,800 MHz over Bandung-Watukosek and Bandung-Pontianak communication circuit. The objective is to get boundary values of critical frequency of E/E Sporadic and F layers such as E/E Sporadic propagation is exist. The critical frequency boundary values were obtained by using simulation. In the simulation we have used secant law, the Earth radius at the equatorial region (6378.388 km), the distances of Bandung-Watukosek (524 km) and Bandung-Pontianak (788 km). We have got 4 conclusions, there are : (1) E/Es propagation can be known from condition of the radio communication of Bandung-Watukosek and Bandung-Pontianak circuits, and the critical frequency of E/Es and F layers (f_oE/f_oEs and f_oF2) were obtained from Tanjungsari and Pontianak by using ionosonde, (2) the boundary values of critical frequencies of Bandung-Watukosek are $f_oE/f_oE \geq 4$ MHz and $f_oF2 \leq 6$ MHz (for 10,200 MHz's propagation); and $f_oE/f_oE \geq 6$ MHz and $f_oF2 \leq 9$ MHz (for 15,800 MHz's propagation), (3) the critical frequencies boundary values of Bandung-Pontianak are $f_oE/f_oE \geq 3$ MHz and $f_oF2 \leq 4$ MHz (for 10,200 MHz's propagation) and $f_oE/f_oE \geq 5$ MHz and $f_oF2 \leq 7$ MHz (for 15,800 MHz's propagation), (4) statistic of E/Es propagation of Bandung-Watukosek and Bandung-Pontianak circuits can be using as indication of E/E Sporadis occurances over midpoints of these circuits.

ABSTRAK

Makalah ini, membahas propagasi gelombang radio dengan frekuensi 10,200 MHz dan 15,800 MHz pada sirkit komunikasi radio Bandung-Watukosek dan Bandung-Pontianak. Tujuannya untuk mendapatkan syarat batas frekuensi kritis lapisan E/Es dan lapisan F untuk memastikan pemantulan oleh lapisan E/Es. Simulasi menggunakan rumus secant dengan asumsi radius Bumi di ekuator (6378,388 km) dan jarak sirkit Bandung-Watukosek (524 km) dan Bandung-Pontianak (788 km), maka syarat batas frekuensi kritis tersebut diperoleh. Selanjutnya, pembahasan yang dilakukan menghasilkan kesimpulan: (1) kondisi propagasi lapisan E/Es dapat diketahui dari kontak komunikasi radio antara Bandung-Watukosek dan Bandung-Pontianak serta data f_oE/f_oEs dan f_oF2 yang diperoleh dari pengamatan ionosonda di SPD Tanjungsari dan SPD Pontianak, (2) syarat batas frekuensi kritis lapisan E/Es dan lapisan F untuk sirkit Bandung-Watukosek dengan frekuensi 10,200 MHz adalah $f_oE/f_oE \geq 4$ MHz dan $f_oF2 \leq 6$ MHz dan untuk frekuensi 15,800 MHz adalah $f_oE/f_oE \geq 6$ MHz dan $f_oF2 \leq 9$ MHz, (3) syarat batas frekuensi kritis lapisan E/Es dan lapisan F untuk sirkit Bandung-Pontianak dengan frekuensi 10,200 MHz adalah $f_oE/f_oE \geq 3$ MHz dan $f_oF2 \leq 4$ MHz dan untuk frekuensi 15,800 MHz adalah $f_oE/f_oE \geq 5$ MHz dan $f_oF2 \leq 7$ MHz, dan (4) statistik kejadian propagasi lapisan E/Es untuk sirkit Bandung-Watukosek dan Bandung-Pontianak dapat dijadikan indikasi kemunculan lapisan E atau E Sporadis di lokasi antara ketiga stasiun radio tersebut.

Kata kunci: *Propagasi, Sirkit, Syarat batas, Frekuensi kritis, Kontak komunikasi*

1 PENDAHULUAN

Propagasi lapisan E, lapisan E Sporadis (Es), dan lapisan F didefinisikan sebagai proses perambatan gelombang angkasa (*skywave*) dengan frekuensi tertentu, dari stasiun pemancar yang kemudian dipantulkan oleh ketiga lapisan tersebut sehingga mencapai stasiun tujuan. Proses propagasi lapisan E dan Es perlu diketahui karena mempunyai kelebihan dibandingkan dengan propagasi lapisan F. Jika gelombang radio HF (3-30 MHz) mengalami pemantulan oleh lapisan E atau Es, maka sinyalnya lebih kuat dibandingkan dengan gelombang radio yang dipantulkan oleh lapisan F. Hal ini disebabkan oleh ketinggian lapisan E dan Es hanya sekitar seperempat hingga setengah dari ketinggian lapisan F, sehingga panjang lintasannya (*path*) juga jauh lebih pendek. Selain itu, pemantulan oleh lapisan E dan Es bisa terjadi terhadap gelombang radio dengan frekuensi di atas 30 MHz (VHF-rendah) sedemikian sehingga dapat menjangkau tempat yang lebih jauh dari 1000 km tanpa perangkat penguat ulang (*repeater*). Contohnya adalah studi tentang propagasi E Sporadis pada frekuensi 50 MHz yang telah dilakukan Dyer (1972).

Untuk memahami propagasi lapisan E dan Es tersebut, maka diperlukan kegiatan komunikasi radio untuk mengamati kondisi propagasi kedua lapisan tersebut. Dengan frekuensi kerja tertentu dan didukung oleh data pengamatan menggunakan ionosonda, serta menggunakan metode tertentu, maka dapat diperoleh informasi tentang propagasi yang terjadi. Dengan cara ini, apabila satu komunikasi radio terjadi maka akan dapat diketahui lapisan yang paling mungkin memantulkan gelombang radio tersebut. Dalam rangka itulah, maka diperlukan informasi kondisi lapisan ionosfer sebagai syarat batas terjadinya pemantulan oleh lapisan E atau E Sporadis.

Syarat batas kondisi ionosfer tersebut dapat diperoleh melalui simulasi propagasi gelombang radio untuk sirkit komunikasi Bandung-Watukosek dan

Bandung-Pontianak. Selanjutnya, dari pembahasan akan diperoleh besaran frekuensi kritis lapisan ionosfer sebagai syarat batas kondisi lapisan ionosfer sehingga gelombang radio dengan frekuensi 10,200 MHz dan 15,800 MHz hanya mungkin dipantulkan oleh lapisan E atau E Sporadis.

2 METODOLOGI

Penentuan frekuensi maksimum suatu sirkit komunikasi radio digunakan perumusan frekuensi maksimum oblique (*Maximum Oblique Frequency, MOF*) sebagai berikut:

$$MOF = f_c \frac{\sqrt{\frac{1}{4} \left(2R_B \sin\left(\frac{d}{2R_B}\right) \right)^2 + \left(h + \left(1 - \cos\left(\frac{d}{2R_B}\right) \right) R_B \right)^2}}{\left(h + \left(1 - \cos\left(\frac{d}{2R_B}\right) \right) R_B \right)} \quad (2-1)$$

dengan f_c adalah frekuensi maksimum lapisan ionosfer dalam satuan MHz, h menyatakan ketinggian lapisan ionosfer (km), d adalah jarak (km) antara stasiun pemancar dengan stasiun penerima, dan R_B adalah jari-jari Bumi yang diambil nilainya untuk daerah ekuator yaitu 6378,388 kilometer.

Simulasi MOF dilakukan dengan beberapa nilai f_c . Untuk simulasi propagasi lapisan E/Es, maka nilai frekuensi kritisnya adalah 2, 3, 4, ..., 16, 17 MHz. Pengambilan nilai minimum frekuensi kritis 2 MHz adalah mengacu kepada batas bawah frekuensi dari perangkat ionosonda pada umumnya yakni 2 MHz. Sedangkan nilai maksimumnya 17 MHz diambil berdasarkan data empiris yang menunjukkan bahwa frekuensi kritis tertinggi dari lapisan ionosfer di Indonesia adalah sekitar 17 MHz (Jiyo, 2007). Kemudian nilai ketinggian lapisan E/E Sporadis yang digunakan adalah 85, 90, 95, ..., 150 km. Rentang ini sudah mencakup ketinggian lapisan E/Es yaitu 90-130 km (McNamara, 1991) dan puncak kerapatan elektronnya di ketinggian 105-110 km (Hunsucker dan Hargreaves, 2003). Sedangkan nilai d digunakan jarak Bandung-Watukosek yakni 524 km dan Bandung-Pontianak

788 km yang dihitung menggunakan paket program prediksi ASAPS (IPS *Radio and Space Service*, 1994) dengan masukan derajat lintang dan bujur dari lokasi stasiun radio LAPAN di Bandung, Watukosek, dan Pontianak. Untuk simulasi propagasi lapisan F digunakan nilai yang sama kecuali ketinggiannya menjadi 200, 220, 240, ..., 580, 600 kilometer. Dengan rumus (2-1), maka diperoleh nilai MOF untuk setiap nilai kritis, ketinggian, dan sirkit komunikasi.

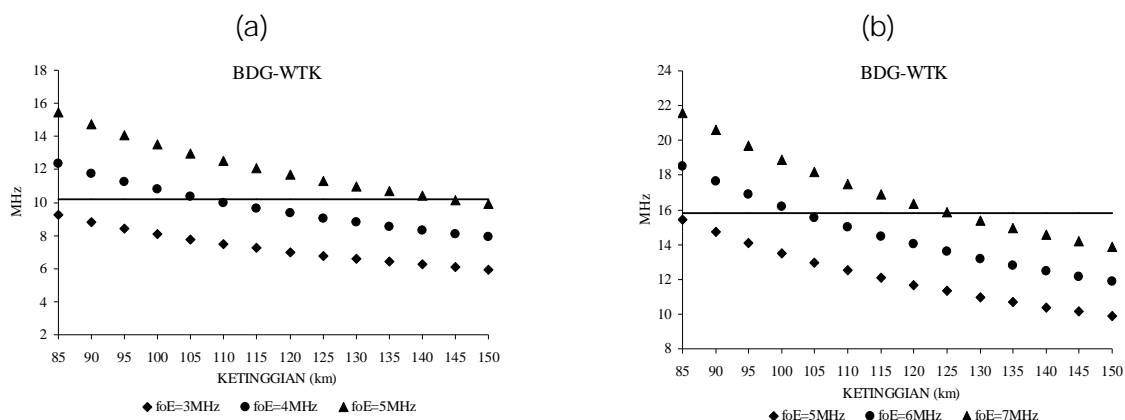
Misalkan MOF untuk propagasi lapisan E/Es didefinisikan sebagai MOF-E/MOF-Es dan MOF untuk propagasi lapisan F adalah MOF-F. Frekuensi kerja yang akan dianalisis adalah 10,200 MHz dan 15,800 MHz. Jika frekuensi kerja lebih rendah dari MOF-E/MOF-Es atau lebih rendah dari MOF-F, maka gelombang radio dengan frekuensi tersebut dipantulkan oleh lapisan E/Es atau oleh lapisan F. Sebaliknya, jika frekuensi kerja lebih tinggi dari MOF-E/MOF-Es atau lebih tinggi dari MOF-F, maka gelombang tidak dapat dipantulkan oleh E/Es atau lapisan F. Prinsip inilah yang akan digunakan untuk menentukan syarat atau kondisi lapisan ionosfer sedemikian sehingga jika terjadi kontak komunikasi radio (QSO) maka hanya lapisan E atau Es yang memantulkannya.

3 DATA

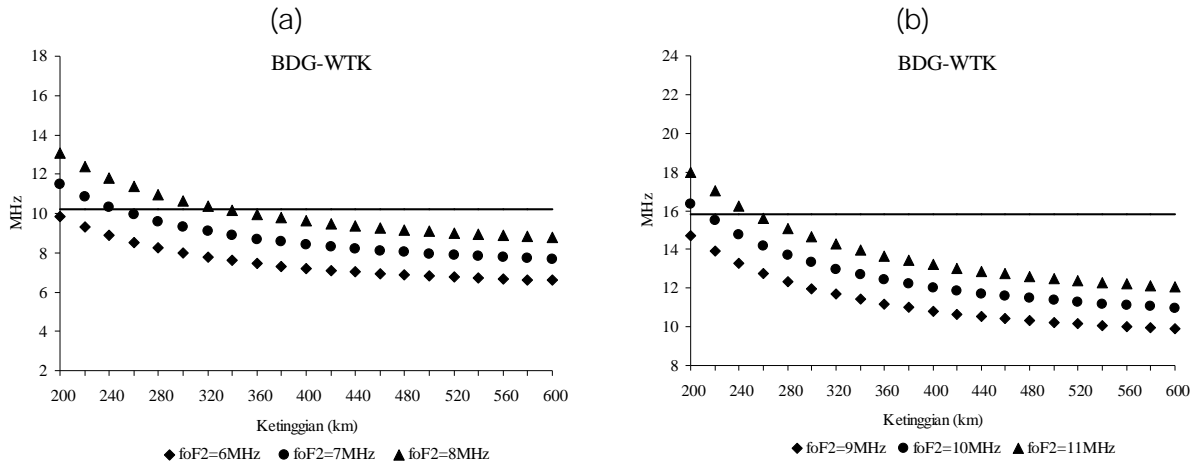
Hasil perhitungan menggunakan rumus (2-1) dan frekuensi kritis, ketinggian lapisan, dan jarak masing-masing sirkit

komunikasi, seperti pada Gambar 3-1 sampai dengan Gambar 3-4. Dari gambar tersebut terlihat bahwa semakin tinggi frekuensi kritis (f_oE/f_oEs dan f_oF2), maka nilai MOF juga semakin tinggi. Demikian sebaliknya, jika frekuensi kritis semakin rendah maka MOF juga turun. Sedangkan pengaruh ketinggian justru sebaliknya. Jika ketinggian lapisan semakin tinggi maka MOF turun. Sementara itu, semakin jauh jarak antara pemancar dan penerima maka nilai MOF semakin tinggi. Sebaliknya, semakin dekat jarak antara pemancar dan penerima, maka nilai MOF akan semakin rendah.

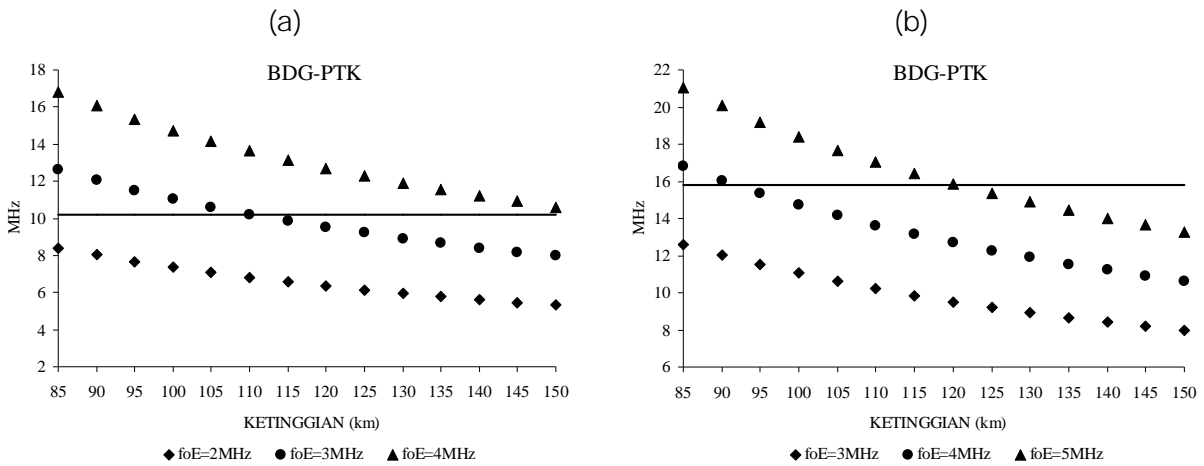
Gambar 3-1(a) menunjukkan grafik frekuensi kerja 10,200 MHz di antara grafik MOF-E untuk sirkit Bandung-Watukosek pada saat nilai f_oE/f_oEs berturut-turut 3 MHz, 4 MHz, dan 5 MHz. Sedangkan Gambar 3-1(b) menunjukkan grafik frekuensi kerja 15,800 MHz di antara grafik MOF-E untuk yang sama pada saat nilai f_oE/f_oEs berturut-turut 5 MHz, 6 MHz, dan 7 MHz. Kemudian Gambar 3-2(a) memperlihatkan grafik frekuensi kerja 10,200 MHz di antara grafik MOF-F untuk sirkit Bandung-Watukosek pada saat nilai f_oF2 berturut-turut 6 MHz, 7 MHz, dan 8 MHz. Sedangkan Gambar 3-2(b) memperlihatkan grafik frekuensi kerja 15,800 MHz di antara grafik MOF-F untuk sirkit yang sama pada saat nilai f_oF2 berturut-turut 9 MHz, 10 MHz, dan 11 MHz.



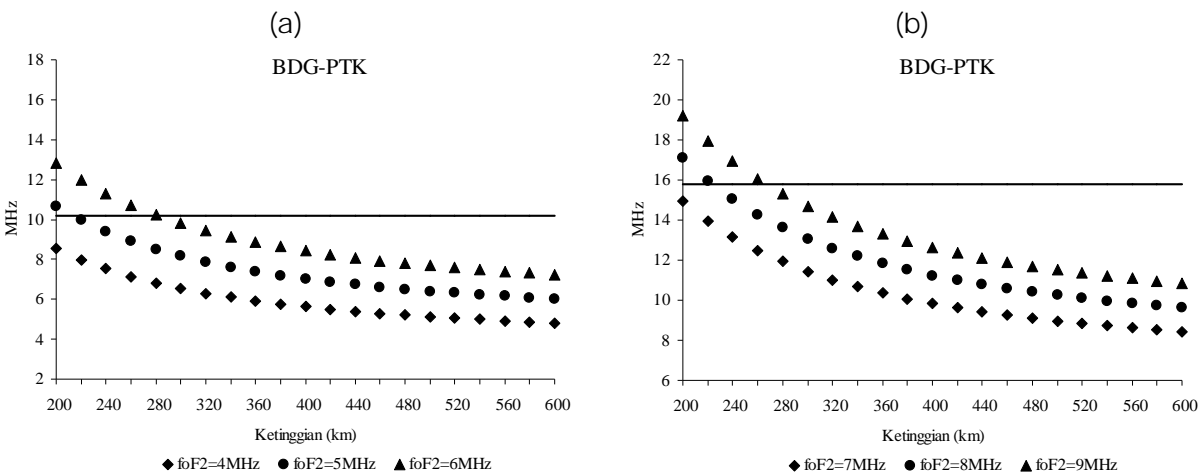
Gambar 3-1: Grafik frekuensi oblique maksimum untuk propagasi lapisan E (MOF-E) sirkit komunikasi Bandung-Watukosek dan perpotongannya dengan grafik frekuensi kerja 10,200 MHz (a) dan 15,800 MHz (b)



Gambar 3-2: Grafik frekuensi oblique maksimum untuk propagasi lapisan F (MOF-F) sirkuit komunikasi Bandung-Watukosek dan perpotongannya dengan grafik frekuensi kerja 10,200 MHz (a) dan 15,800 MHz (b)



Gambar 3-3: Grafik frekuensi oblique maksimum untuk propagasi lapisan E (MOF-E) sirkuit komunikasi Bandung-Pontianak dan perpotongannya dengan grafik frekuensi kerja 10,200 MHz (a) dan 15,800 MHz (b)



Gambar 3-4: Grafik frekuensi oblique maksimum untuk propagasi lapisan F (MOF-F) sirkuit komunikasi Bandung-Pontianak dan perpotongannya dengan grafik frekuensi kerja 10,200 MHz (a) dan 15,800 MHz (b)

Selanjutnya, Gambar 3-3 menunjukkan grafik frekuensi kerja 10,200 MHz dan 15,800 MHz di antara grafik MOF-E untuk sirkit Bandung-Pontianak pada saat nilai f_oE/f_oEs berturut-turut 2 MHz, 3 MHz, 4 MHz, dan 5 MHz. Kemudian Gambar 3-4 memperlihatkan grafik dua frekuensi kerja tersebut di antara grafik MOF-F untuk sirkit yang sama pada saat nilai f_oF2 berturut-turut 4 MHz, 5 MHz, 6 MHz, 7 MHz, 8 MHz, dan 9 MHz.

4 PEMBAHASAN

Dalam pembahasan ini, asumsi yang digunakan untuk ketinggian lapisan E dan E Sporadis adalah 100 km (Jiyo, 2008) dan ketinggian lapisan ionosfer adalah lebih dari 200 km. Dengan asumsi tersebut dan menggunakan grafik pada Gambar 3-1, 3-2, 3-3 dan 3-4, maka diperoleh batas frekuensi kritis untuk propagasi E/Es dan propagasi F yang merupakan perpotongan antara grafik frekuensi kerja dengan grafik MOF pada ketinggian 100 km untuk lapisan E/Es atau pada ketinggian 200 km untuk lapisan F. Misalnya dari Gambar 3-1 (a) diperoleh batas frekuensi kritis lapisan E/Es sebesar 4 MHz karena pada ketinggian 100 km nilai MOF-E/Es dekat dengan 10,200 MHz.

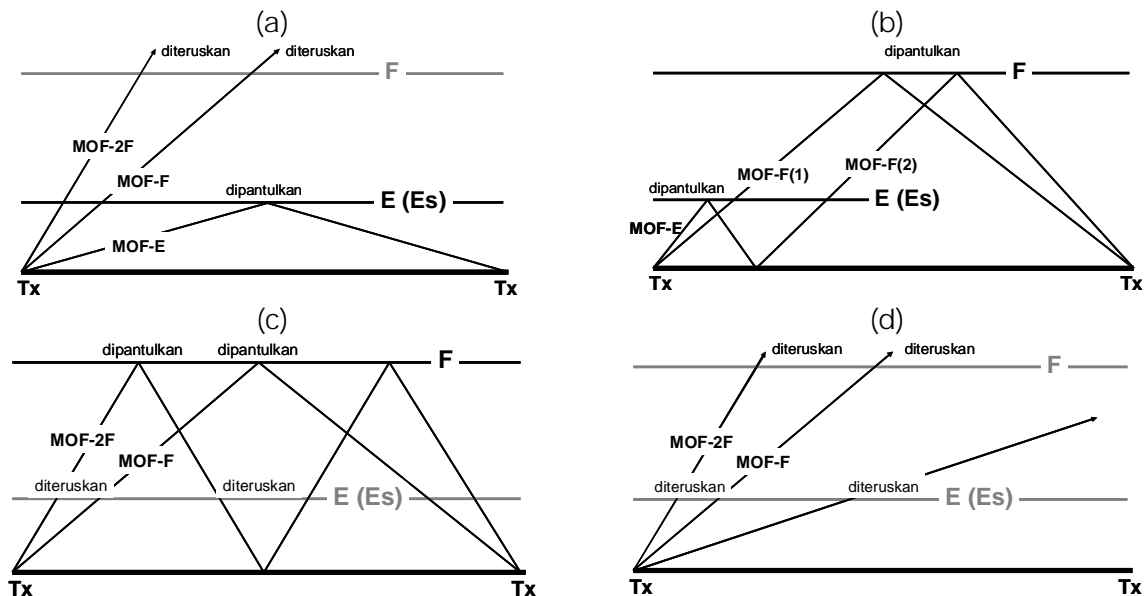
Untuk sirkit komunikasi radio Bandung-Watukosek, frekuensi 10,200 MHz hanya mungkin dipantulkan oleh lapisan E atau Es dengan syarat f_oE atau f_oEs lebih besar atau sama dengan 4 MHz. Frekuensi ini juga akan dipantulkan oleh lapisan F dengan syarat nilai f_oF2 lebih besar dari 6 MHz. Jadi, jika f_oE atau f_oEs lebih besar dari 4 MHz dan f_oF2 lebih kecil atau sama dengan 6 MHz, maka komunikasi radio dengan frekuensi 10,200 MHz yang

terjadi antara stasiun Bandung dengan Watukosek adalah propagasi E atau Es. Demikian pula untuk frekuensi 15,800 MHz. Pemantulan oleh lapisan E atau Es terjadi jika f_oE atau f_oEs lebih besar atau sama dengan 6 MHz. Frekuensi 15,800 MHz ini akan dipantulkan oleh lapisan F dengan syarat nilai f_oF2 lebih besar dari 9 MHz. Jadi, apabila f_oE atau f_oEs lebih besar dari 6 MHz dan f_oF2 lebih kecil atau sama dengan 9 MHz, maka komunikasi radio dengan frekuensi 15,800 MHz yang terjadi antara stasiun Bandung dengan Watukosek adalah propagasi E atau Es.

Sedangkan untuk sirkit komunikasi radio Bandung-Pontianak, frekuensi 10,200 MHz hanya mungkin dipantulkan oleh lapisan E atau Es dengan syarat nilai f_oE atau f_oEs lebih besar atau sama dengan 3 MHz. Gelombang radio dengan frekuensi ini akan dipantulkan oleh lapisan F dengan syarat nilai f_oF2 lebih besar dari 5 MHz. Jadi, jika f_oE atau f_oEs lebih besar dari 3 MHz dan f_oF2 lebih kecil atau sama dengan 5 MHz, maka komunikasi radio dengan frekuensi 10,200 MHz yang terjadi antara stasiun Bandung dengan Pontianak adalah propagasi E atau Es. Selanjutnya, gelombang radio dengan frekuensi 15,800 MHz akan dipantulkan oleh lapisan E atau Es terjadi jika nilai f_oE atau f_oEs lebih besar atau sama dengan 4 MHz. Gelombang radio ini akan dipantulkan oleh lapisan F jika nilai f_oF2 lebih besar dari 7 MHz. Jadi, apabila nilai f_oE atau f_oEs lebih besar dari 4 MHz dan nilai f_oF2 lebih kecil atau sama dengan 7 MHz, maka komunikasi radio dengan frekuensi 15,800 MHz yang terjadi antara stasiun Bandung dengan Pontianak adalah propagasi E atau Es.

Tabel 4-1: BATAS FREKUENSI KRITIS LAPISAN E/Es DAN LAPISAN F SEBAGAI SYARAT TERJADINYA PROPAGASI LAPISAN E/Es PADA SIRKIT BANDUNG-WATUKOSEK DAN BANDUNG-PONTIANAK DENGAN FREKUENSI 10,200 MHz DAN 15,800 MHz

Frekuensi	Bandung-Watokosek		Bandung-Pontianak	
	foE/foEs	foF2	foE/foEs	foF2
10,200 MHz	≥ 4 MHz	≤ 6 MHz	≥ 3 MHz	≤ 4 MHz
15,800 MHz	≥ 6 MHz	≤ 9 MHz	≥ 5 MHz	≤ 7 MHz



Gambar 4-1: Skema propagasi yang mungkin terjadi : (a) propagasi lapisan E/Es, (b) propagasi campuran, (c) propagasi lapisan F, dan (d) tidak ada propagasi oleh lapisan ionosfer karena gelombang diteruskan

Rangkuman informasi dari syarat kondisi terjadinya propagasi lapisan E atau E Sporadis antara stasiun Bandung dengan Watukosek dan antara stasiun Bandung dengan Pontianak seperti pada Tabel 4-1.

Jika terjadi kontak komunikasi radio (QSO) antara stasiun Bandung dengan Watukosek atau dengan Pontianak, maka beberapa kemungkinan propagasinya adalah sebagai berikut:

- Komunikasi radio yang terjadi adalah propagasi E/Es jika nilai foE/foEs dan foF2 memenuhi syarat batas pada Tabel 4-1. Pada kasus ini gelombang radio dengan frekuensi 10,200 MHz atau 15,800 MHz tidak dipantulkan oleh lapisan F tetapi hanya dipantulkan oleh lapisan E/Es paling sedikit satu kali (Gambar 4-1(a)),
- Komunikasi radio yang terjadi merupakan campuran antara propagasi lapisan

E/Es dan propagasi lapisan F jika nilai foE/foEs dan foF2 lebih tinggi dari syarat kondisi pada Tabel 4-1. Pada kasus ini, baik lapisan E/Es maupun lapisan F mampu memantulkan gelombang radio dengan frekuensi kerja 10,200 MHz atau 15,800 MHz (Gambar 4-1(b)),

- Komunikasi radio yang terjadi merupakan propagasi lapisan F saja jika nilai foE/foEs lebih rendah dari syarat kondisi pada Tabel 4-1 dan nilai foF2 lebih tinggi dari syarat kondisi pada tabel tersebut. Pada kasus ini lapisan E/Es tidak mampu memantulkan gelombang radio dengan frekuensi kerja 10.200 MHz atau 15,800 MHz, sementara lapisan F masih mampu memantulkannya (Gambar 4-2(c)),
- Komunikasi radio tidak akan terjadi jika nilai foE/foEs dan foF2 lebih

rendah dari syarat kondisi pada Tabel 4-1 (Gambar 4-1(d)).

Jadi, frekuensi 10,200 MHz dan 15,800 MHz dapat digunakan untuk memantau propagasi lapisan E/Es pada sirkuit komunikasi radio Bandung-Watukosek dan Bandung-Pontianak. Adapun syarat batas frekuensi kritis lapisan E/Es dan lapisan F seperti pada Tabel 4-1. Kondisi propagasi (1) dan (2) merupakan tanda terjadinya propagasi E/Es pada dua sirkuit komunikasi radio dimaksud. Data foE/foEs dan foF2 dapat diperoleh dari hasil pengamatan menggunakan ionosonda di Stasiun Pengamat Dirgantara (SPD) Tanjungsari dan Pontianak.

5 KESIMPULAN

Hal-hal yang dapat disimpulkan dari pembahasan pada makalah ini adalah sebagai berikut:

- Kondisi propagasi lapisan E/Es dapat diketahui dari kontak komunikasi radio antara Bandung-Watukosek dan Bandung-Pontianak serta data foE/foEs dan foF2 yang diperoleh dari pengamatan di SPD Tanjungsari dan SPD Pontianak,
- Syarat batas frekuensi kritis lapisan E/Es dan lapisan F untuk sirkuit Bandung-Watukosek dengan frekuensi 10,200 MHz adalah foE/foE ≥ 4 MHz dan foF2 ≤ 6 MHz dan untuk frekuensi 15,800 MHz adalah foE/foE ≥ 6 MHz dan foF2 ≤ 9 MHz,
- Syarat batas frekuensi kritis lapisan E/Es dan lapisan F untuk sirkuit

Bandung-Pontianak dengan frekuensi 10,200 MHz adalah foE/foE ≥ 3 MHz dan foF2 ≤ 4 MHz dan untuk frekuensi 15,800 MHz adalah foE/foE ≥ 5 MHz dan foF2 ≤ 7 MHz,

- Statistik kejadian propagasi lapisan E/Es untuk sirkuit Bandung-Watukosek dan Bandung-Pontianak dapat dijadikan indikasi kemunculan lapisan E atau E Sporadis di lokasi antara ketiga stasiun radio tersebut.

DAFTAR RUJUKAN

- Dyer, P., 1972. *A Seven Year Study of 50 MHz Sporadic-E Propagation*, August CQ p_66.htm.
- Hunsucker, R.D., and Hargreaves, J. K., 2003. *The High-Latitude Ionosphere and Its Effects on Radio Propagation*, Cambridge University Press, halaman 26.
- Jiyo, 2007. *Variasi lapisan F Ionosfer Indonesia*, Publikasi Ilmiah LAPAN Tahun 2007, halaman 147-153.
- Jiyo, 2008. *Distribusi Kemunculan Lapisan E Sporadis di Atas Biak dan Tanjungsari*, dalam persiapan penerbitan.
- McNamara, L. F., 1991. *The Ionosphere : Communications, Surveillance, and Direction Finding*, Krieger Publishing Company, halaman 28.
- IPS Radio and Space Service, 1994. *Advanced Stand Alone Prediction System (ASAPS) V2.23*.