

KEMUNCULAN LAPISAN E SEBAGAI SUMBER GANGGUAN TERHADAP KOMUNIKASI RADIO HF

Varuliantor Dear

Peneliti Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi, LAPAN
e-mail : varuliant@yahoo.com

ABSTRACT

The altitude of the ionosphere layer, can affect the value of a reflected frequency. The presence of the E layer ionosphere can act as an obstacle for the radio wave that travels between transmitter and F layer. This condition will make the radio to change its working frequency. From the result of a simulation, more far the distance of a circuit communication, the working frequency will be also increased rapidly. For a circuit with a distance up to 1000 km and the height of F layer ionosphere up to 250 km, the working frequency that can be use when the E layer appears can achieve up to 8.76 MHz. To adapt with the value of the working frequency, the change of radio frequency as well as the license cannot be easy to done. Without preparation of the instrument and the license, the communication will not be complete to do. This situation is called the disturbance for HF radio communication because the presence of the E layer.

ABSTRAK

Ketinggian lapisan ionosfer mempengaruhi besarnya frekuensi yang dapat dipantulkan oleh lapisan Ionosfer. Munculnya lapisan E ionosfer yang dapat menghalangi perambatan gelombang radio antara pemancar dengan lapisan F, mengakibatkan perubahan frekuensi kerja suatu sirkit radio komunikasi. Dari hasil simulasi yang dilakukan, semakin jauh jarak suatu sirkit komunikasi, maka perubahan frekuensi kerja yang harus dilakukan akan semakin besar. Untuk jarak sirkit komunikasi 1000 km dengan frekuensi vertikal (fv) 4 MHz dan ketinggian lapisan E (h'E) 100 km serta ketinggian lapisan F(h'F) 250 km, frekuensi yang harus diubah pada saat munculnya lapisan E yang menghalangi perambatan gelombang radio pada lapisan F mencapai 8,76MHz. Dengan perubahan sebesar itu, penyesuaian perangkat maupun perijinan penggunaan frekuensi tidaklah mudah dilakukan. Tanpa adanya kesiapan baik dari sisi perangkat maupun perijinan penggunaan frekuensi, maka komunikasi radio tidak dapat dilakukan dan hal inilah yang dapat dinyatakan sebagai gangguan komunikasi radio HF akibat kemunculan lapisan E.

Kata Kunci : *Ionosfer, Lapisan E, Gangguan Komunikasi Radio*

1 PENDAHULUAN

Frekuensi kerja suatu sirkit komunikasi radio HF (*High Frequency*) yang disarankan atau digunakan, pada umumnya mengacu pada besarnya frekuensi gelombang radio yang dapat dipantulkan oleh lapisan F ionosfer. Hal ini dikarenakan kehadiran lapisan F yang selalu ada setiap saat, baik itu siang hari maupun malam hari. Lapisan F berada pada rentang ketinggian 150-600 km dari permukaan Bumi (McNamara, 1992).

Selain lapisan F, lapisan ionosfer juga terdiri dari lapisan E yang dapat berfungsi sebagai media pemantul gelombang radio. Ketinggian lapisan ini berada di bawah ketinggian lapisan F, yakni pada ketinggian antara 80-150 km dari permukaan Bumi. Kemunculan lapisan E ini banyak terjadi pada siang hari, namun kadang kala lapisan ini muncul pada malam hari. Kemunculan lapisan E pada malam hari dikenal sebagai kemunculan lapisan E-Sporadis.

Kemunculan lapisan E yang berada di bawah ketinggian lapisan F ionosfer dapat memberikan dampak positif maupun negatif. Keuntungan yang diperoleh dari kemunculan lapisan E adalah besarnya kerapatan elektron yang cukup tinggi dan perubahan ketinggian yang lebih stabil. Hal ini berdampak pada keberhasilan komunikasi radio yang berada pada rentang frekuensi yang lebih tinggi dan memiliki tingkat kejernihan suara yang diterima lebih baik bila dibandingkan dengan pemantulan oleh lapisan F (Suhartini, 2007). Lalu bagaimanakah kemunculan lapisan E dapat dinyatakan sebagai sumber gangguan. Pada makalah ini akan dibahas tentang dampak negatif yang muncul akibat kehadiran lapisan E ionosfer yang dapat diidentifikasi sebagai sumber gangguan terhadap komunikasi radio HF.

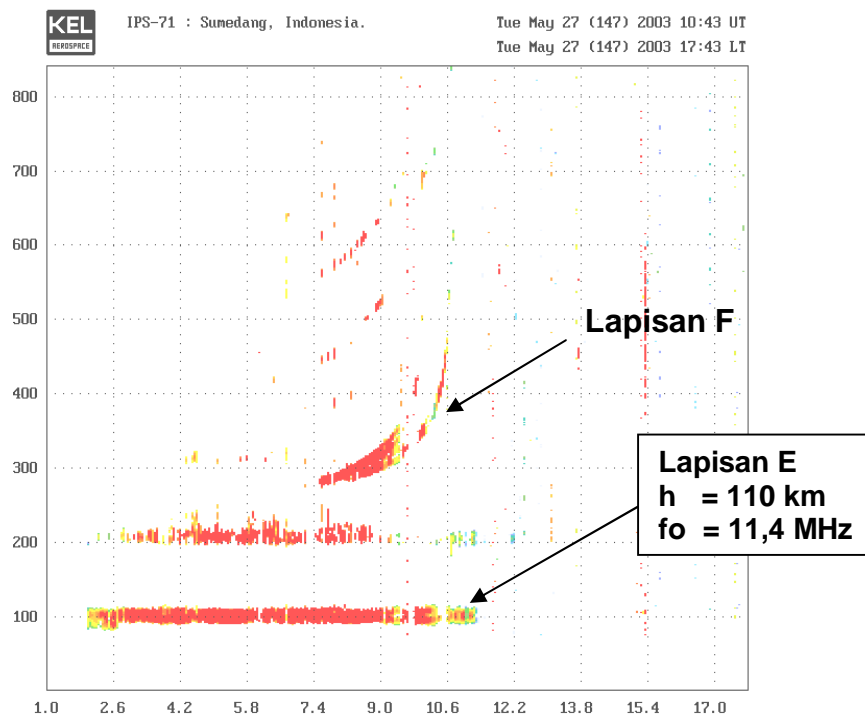
2 LANDASAN TEORI

Lapisan E dapat diidentifikasi melalui pembacaan hasil pengamatan lapisan ionosfer menggunakan peralatan ionosonda yang dikenal sebagai

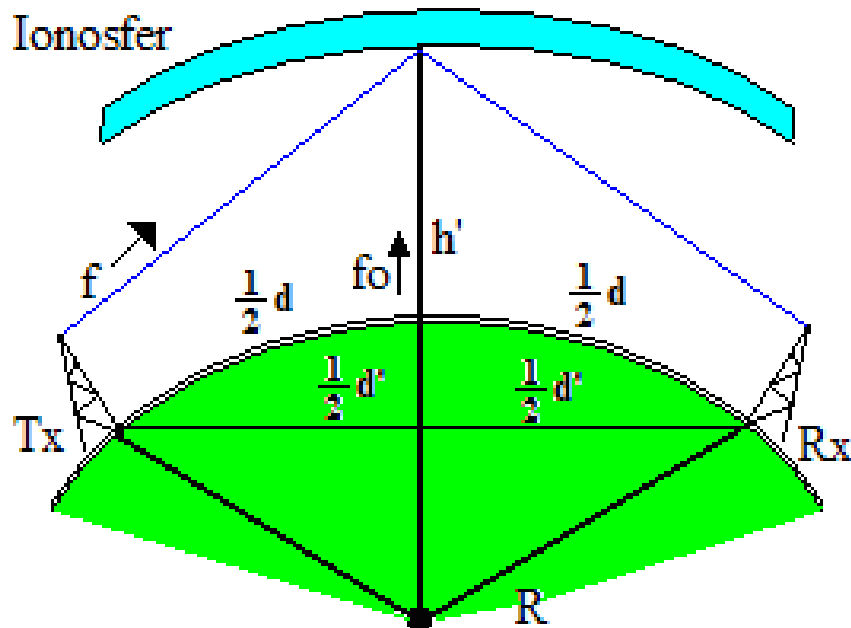
ionogram. Pada Gambar 2-1 terlihat kemunculan lapisan E dan F yang diamati di atas SPD Tanjungsari pada tanggal 27 Mei 2003. Pada ionogram tersebut terlihat lapisan E yang berada pada ketinggian antara 90-110 km dengan frekuensi maksimum 11,4 MHz.

Beberapa teori menyatakan bahwa mekanisme kemunculan lapisan E ionosfer dipicu oleh adanya radiasi EUV dari matahari. Sedangkan mekanisme kemunculan lapisan E-sporadis disebabkan oleh peristiwa *windshear* dan memiliki korelasi dengan peristiwa hujan meteor (Jiyo *et al*, 2005).

Penentuan nilai frekuensi yang dipantulkan oleh lapisan ionosfer dapat diperoleh dari perhitungan sederhana dengan menggunakan metode *secant*. Dalam persamaan metode *secant* dinyatakan bahwa faktor penentu nilai frekuensi yang dipantulkan oleh lapisan ionosfer adalah; jarak (d), frekuensi kritis/frekuensi vertikal (f_o/f_v), dan ketinggian (h) (Jiyo, 2009). Ilustrasi dan persamaan dari metode *secant* ditunjukkan pada Gambar 2-2 dan persamaan 2-1.



Gambar 2-1: Identifikasi kemunculan lapisan E melalui data ionogram



Gambar 2-2: Proses pemantulan frekuensi radio oleh lapisan ionosfer

$$f = fo \cdot \frac{\sqrt{\frac{1}{4}d^2 + h'^2}}{h'} \quad (2-1)$$

Dengan:

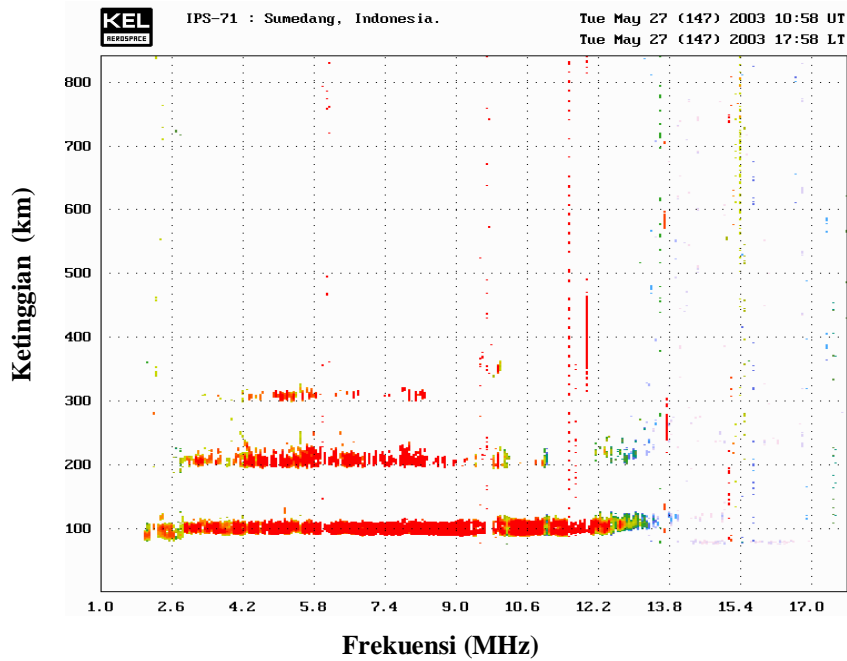
- f = frekuensi sirkit komunikasi radio
- fo/fv = frekuensi kritis/frekuensi vertikal lapisan ionosfer
- d = Jarak sirkit komunikasi mengikuti lengkung Bumi
- d' = jarak semu sirkit komunikasi
- h' = ketinggian lapisan ionosfer
- Tx = Stasiun Pemancar
- Rx = Stasiun Penerima
- R = Jari-jari Bumi untuk equatorial (6380 km)

Bila terjadi perubahan dari ketiga faktor tersebut, maka dapat dipastikan frekuensi kerja suatu sirkit komunikasi radio, yang dipantulkan secara miring (*oblique*), akan mengalami perubahan. Apabila besarnya perubahan frekuensi kerja tersebut tidak dapat disesuaikan karena ketidakmampuan peralatan dan melebihi dari batas alokasi frekuensi yang boleh digunakan, maka komunikasi antar radio tidak dapat dilakukan. Hal ini tentu saja dapat diartikan sebagai

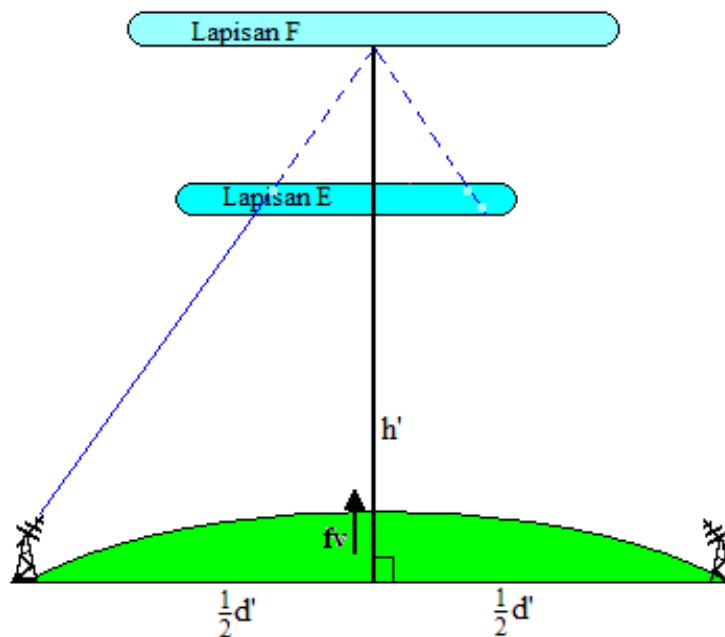
salah satu permasalahan pada komunikasi radio atau gangguan bagi operator dan para pengguna radio komunikasi.

3 METODOLOGI

Kemunculan lapisan E sebagai sumber gangguan terhadap komunikasi radio HF, dapat dilihat pada ionogram (Gambar 3-1). Pengaruh yang terjadi pada komunikasi menggunakan radio diilustrasikan pada Gambar 3-2. Pada ionogram terlihat bahwa jejak lapisan F tidak dapat terekam oleh ionosonda akibat adanya lapisan E yang menghalangi. Peristiwa ini dikenal sebagai *Blanketing-E*. Pada ilustrasi Gambar 3-2 terlihat bahwa terjadi penghalangan perambatan gelombang radio oleh lapisan E, dimana perambatan gelombang radio seharusnya dipantulkan oleh lapisan F. Peristiwa ini tentu saja dapat dinyatakan sebagai gangguan akibat berubahnya lintasan perambatan gelombang radio secara seketika. Efek yang timbul pada radio penerima adalah hilangnya sinyal dari stasiun pemancar, yang berarti komunikasi terputus.



Gambar 3-1: Data Ionogram yang menunjukkan jejak lapisan F yang tertutup karena adanya lapisan E



Gambar 3-2: Ilustrasi terjadinya penghalangan perambatan gelombang radio oleh lapisan E ionosfer

Berdasarkan metode *secant*, dinyatakan bahwa nilai frekuensi gelombang radio yang dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer juga dipengaruhi oleh ketinggian lapisan pemantul (h'). Oleh karena itu, perbedaan besar frekuensi kerja sirkuit komunikasi radio yang dipantulkan oleh lapisan F dan E, karena adanya perbedaan ketinggian, dapat dinyatakan pada persamaan 3-1.

$$\Delta\text{MOF} = \text{MOF}(\text{F}) - \text{MOE}(\text{E})$$

$$\Delta\text{MOF} = \left(f_v \frac{\sqrt{\frac{1}{4}d'^2 + h'F^2}}{h'F} \right) - \left(f_v \frac{\sqrt{\frac{1}{4}d'^2 + h'E^2}}{h'E} \right) \quad (3-1)$$

Dengan:

ΔMOF = Selisih frekuensi oblique
 f_v = frekuensi yang dipantulkan secara vertikal

d' = Jarak semu sirkit komunikasi
 $h'F$ = ketinggian lapisan F
 $h'E$ = ketinggian lapisan E

Dengan diperolehnya selisih frekuensi yang dipantulkan oleh lapisan E dan F (ΔMOF), maka diketahui besarnya nilai frekuensi yang harus diubah atau disesuaikan oleh pengguna radio. Dari sisi perangkat, pengaturan nilai frekuensi kerja radio dapat dilakukan, selama perangkat radio komunikasi dan antena yang digunakan sesuai dengan besarnya frekuensi yang hendak digunakan. Namun, perubahan tersebut tidak serta merta dapat dilakukan, hal ini dikarenakan adanya alokasi dan penggunaan frekuensi yang telah diatur, baik dalam skala nasional maupun internasional. Peristiwa inilah yang kemudian dapat diartikan sebagai dampak negatif kemunculan lapisan E sebagai gangguan komunikasi radio.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

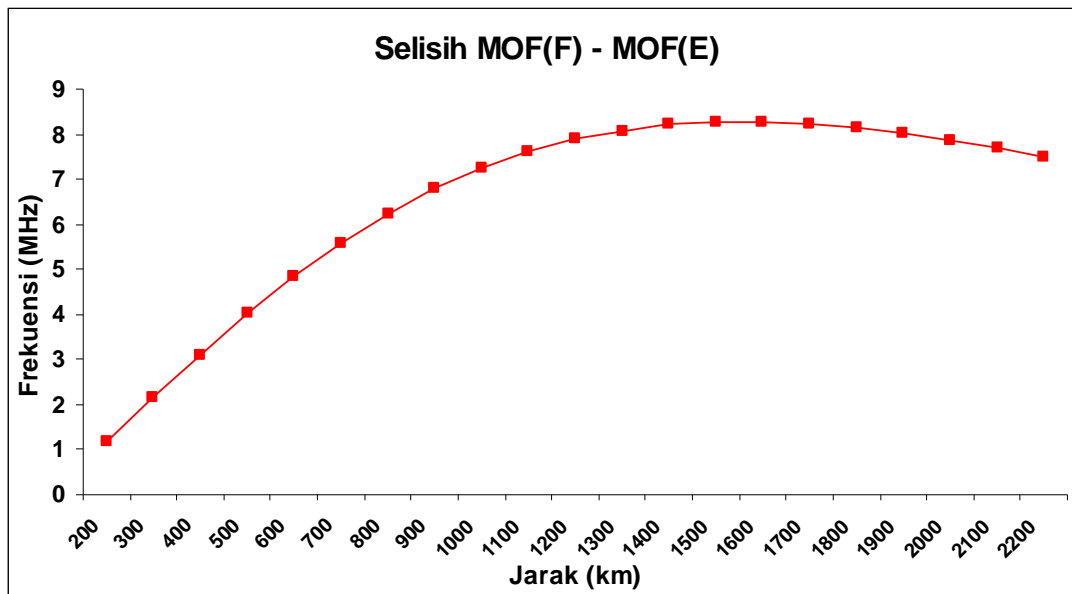
Hasil perhitungan besarnya nilai Maksimum Oblique Frequency (MOF)

Tabel 4-1: PERHITUNGAN BESARNYA MOF(F) DAN MOF(E) UNTUK JARAK YANG BERUBAH-UBAH

Jarak (km)	$h'F$ (km)	$h'E$ (km)	f_v (MHz)	MOF F (MHz)	MOF E (MHz)	ΔMOF (MHz)
200	250	100	4	4,306253244	5,634789169	1,166175181
300	250	100	4	4,656024889	7,12439871	2,140246039
400	250	100	4	5,097526521	8,726413964	3,113473943
500	250	100	4	5,602096166	10,33623876	4,026917682
600	250	100	4	6,14637195	11,89835837	4,858029972
700	250	100	4	6,712416389	13,38032901	5,597420835
800	250	100	4	7,286753555	14,76223332	6,24134604
900	250	100	4	7,859290393	16,03204131	6,789281653
1000	250	100	4	8,422438201	17,18326686	7,243023706
1100	250	100	4	8,97047008	18,21357199	7,606209134
1200	250	100	4	9,499068052	19,12379547	7,883934737
1300	250	100	4	10,00500498	19,91719744	8,082395361
1400	250	100	4	10,48591769	20,5988363	8,208535982
1500	250	100	4	10,94014069	21,17504447	8,269730363
1600	250	100	4	11,36658024	21,65298915	8,273499032
1700	250	100	4	11,76461553	22,04031032	8,227274553
1800	250	100	4	12,13401864	22,34482967	8,138216702
1900	250	100	4	12,47488776	22,57432339	8,013075915
2000	250	100	4	12,78759049	22,73635125	7,858100465
2100	250	100	4	13,0727148	22,83813372	7,678981218
2200	250	100	4	13,33102637	22,88646916	7,480827177

tiap-tiap lapisan dan selisih frekuensi antara frekuensi yang dipantulkan oleh lapisan E dengan lapisan F ionosfer disajikan pada Tabel 4-1, dan 4-2, serta Gambar 4-1, dan 4-2. Pada Tabel 4-1 dan Gambar 4-1, jarak sirkit komunikasi diasumsikan berbeda-beda dengan nilai ketinggian lapisan E dan F ionosfer tetap. Nilai frekuensi vertikal (f_v) pada lapisan E dan F diasumsikan sama, yaitu 4 MHz. Sedangkan pada Tabel 4-2 dan Gambar 4-2, Jarak sirkit tetap, namun nilai f_v lapisan E dan F berbeda-beda dan ketinggian lapisan E dan F ionosfer tetap.

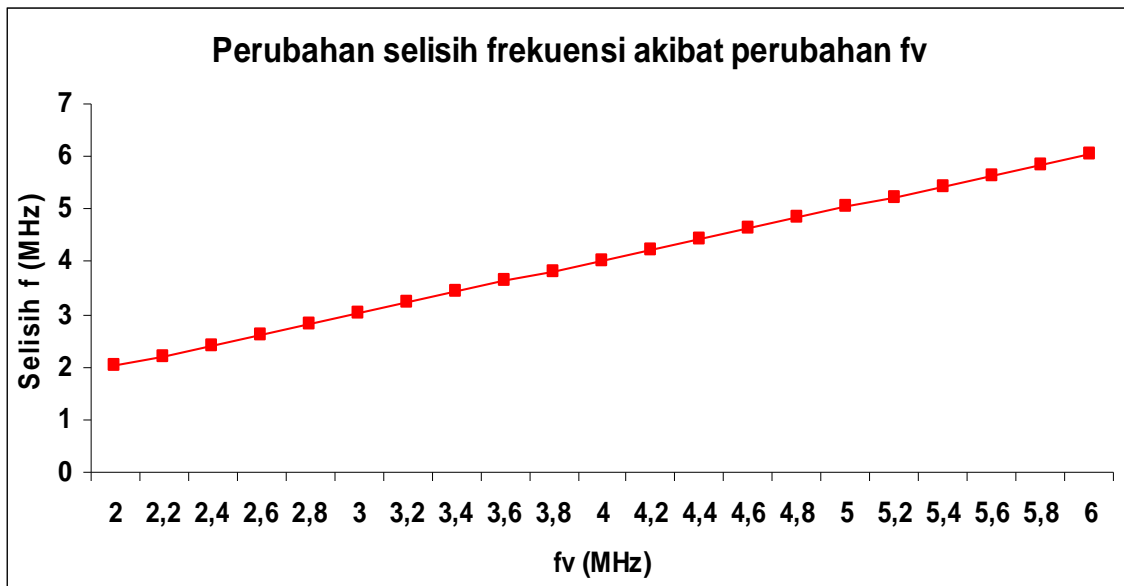
Hasil yang ditunjukkan pada Gambar 4-1, memperlihatkan bahwa perubahan selisih frekuensi kerja mengikuti perubahan jarak sirkit komunikasi. Semakin jauh jarak sirkit komunikasi, besarnya selisih frekuensi kerja akan semakin besar, namun besarnya selisih frekuensi ini kembali menurun pada jarak lebih dari 1700 km.



Gambar 4-1: Selisih frekuensi kerja radio yang dapat dipantulkan oleh lapisan F dan E pada sirkuit komunikasi yang sama

Tabel 4-2: PERHITUNGAN BESARNYA MOF E DAN MOF F AKIBAT MENINGKATNYA NILAI FV

Jarak (km)	h'E (km)	h'F (km)	fv (MHz)	MOF E (MHz)	MOF F (MHz)	Δ MOF (MHz)
500	100	200	2	5,168831384	3,154818649	2,014012735
500	100	200	2,2	5,685750001	3,470308392	2,215441609
500	100	200	2,4	6,202675057	3,785799564	2,416875492
500	100	200	2,6	6,719606548	4,101292166	2,618314383
500	100	200	2,8	7,236544473	4,416786195	2,819758278
500	100	200	3	7,753488829	4,732281653	3,021207176
500	100	200	3,2	8,270439612	5,047778537	3,222661075
500	100	200	3,4	8,787396819	5,363276848	3,424119972
500	100	200	3,6	9,304360449	5,678776584	3,625583865
500	100	200	3,8	9,821330497	5,994277746	3,827052751
500	100	200	4	10,33830696	6,309780332	4,02852663
500	100	200	4,2	10,85528984	6,625284342	4,230005497
500	100	200	4,4	11,37227913	6,940789775	4,431489352
500	100	200	4,6	11,88927482	7,25629663	4,632978192
500	100	200	4,8	12,40627692	7,571804907	4,834472015
500	100	200	5	12,92328542	7,887314605	5,035970818
500	100	200	5,2	13,44030032	8,202825724	5,2374746
500	100	200	5,4	13,95732162	8,518338263	5,438983358
500	100	200	5,6	14,47434931	8,833852221	5,64049709
500	100	200	5,8	14,99138339	9,149367597	5,842015794
500	100	200	6	15,50842386	9,464884392	6,043539467



Gambar 4-2: Besarnya selisih frekuensi terhadap perubahan fv dengan jarak sirkit dan ketinggian lapisan yang tetap

Dari hasil perhitungan yang ditunjukkan pada Gambar 4-2, terlihat bahwa besarnya selisih frekuensi antara lapisan E dan F, mengikuti perubahan frekuensi yang dipantulkan secara vertikal (f_v) lapisan ionosfer tersebut. Meningkatnya nilai frekuensi vertikal lapisan ionosfer diikuti dengan kenaikan selisih frekuensi kerja radio.

Perubahan ketinggian dari pemantulan gelombang radio oleh lapisan ionosfer yang terjadi karena kemunculan dari lapisan E, mengakibatkan frekuensi kerja dari radio komunikasi harus disesuaikan. Hal ini perlu dilakukan untuk menjamin keberhasilan pemantulan gelombang radio oleh lapisan ionosfer sehingga komunikasi masih dapat terlaksana dengan baik.

Secara teknis perubahan frekuensi kerja dalam sistem radio komunikasi tidak dapat dilakukan secara sembarangan. Hal ini dibatasi bukan hanya oleh kemampuan perangkat saja, namun juga dibatasi oleh aturan dalam skala nasional dan internasional. Dari perangkat, kecocokan antena dan radio pemancar dengan frekuensi kerja yang digunakan merupakan hal yang perlu

diperhatikan guna memastikan radio bekerja dengan baik. Dari sisi peraturan, frekuensi kerja yang hendak digunakan harus berada dalam alokasi frekuensi yang diijinkan. Bila kedua hal tersebut tidak dapat dipenuhi, maka dipastikan radio tidak dapat bekerja, dan tentu saja akan menyebabkan komunikasi yang harus dilakukan tidak dapat diwujudkan.

Kecocokan antara perangkat radio terhadap frekuensi kerja yang hendak digunakan biasanya tertuju pada antena yang dimiliki. Dalam pita frekuensi HF, antena yang digunakan umumnya adalah jenis antena dipole $\frac{1}{2} \lambda$. Antena dipole $\frac{1}{2} \lambda$ memiliki dimensi yang cukup besar dengan ukuran antena 0,5 kali dari panjang gelombang (λ) frekuensi kerja yang hendak digunakan. Jenis antena ini sangat sederhana karena dalam pembuatannya cukup menggunakan kawat atau kabel yang berukuran $\frac{1}{2}$ kali panjang gelombang yang dibentangkan berdasarkan arah radio penerima. Dengan kondisi tersebut, bilamana pengguna radio menggunakan antena jenis dipole $\frac{1}{2} \lambda$ dan diharuskan untuk mengubah frekuensi kerja akibat suatu hal, maka penyesuaian antena ini merupakan salah satu bentuk per-

masalah yang baru, dimana operator radio harus menyesuaikan panjang elemen antena yang diperlukan. Pada prakteknya, ternyata hal ini merupakan hal yang cukup sulit untuk dilakukan. Sebagai contoh; pada sirkit komunikasi yang memiliki jarak 1000km (Tabel 4.1), besarnya selisih frekuensi yang harus diubah mencapai 8,76 MHz. Bila frekuensi kerja awal suatu sirkit komunikasi radio adalah 7,2 MHz, maka elemen antena yang disiapkan harus layak bekerja untuk frekuensi 15,96MHz. Panjang elemen antena ini adalah 10 meter lebih pendek dari elemen antena sebelumnya (persamaan 4-1).

$$\Delta L = L(7,2) - L(15,96) \quad (4-1)$$

$$\Delta L = \left(0,95 \times \frac{c}{7,2} \times 0,5 \right) - \left(0,95 \times \frac{c}{15,96} \times 0,5 \right)$$

$$\Delta L = 10,7 \text{ meter}$$

Dengan:

ΔL = Selisih panjang elemen antena

c = Cepat rambat cahaya

Penyesuaian antena ini masih mungkin dilakukan dengan cara melakukan pemotongan kabel elemen antena, namun bila frekuensi kerja tersebut sudah kembali normal, maka harus dilakukan kembali pemasangan kabel

elemen antena yang sesuai dengan frekuensi sebelumnya.

Bilamana operator radio berencana untuk mewujudkan perubahan frekuensi kerja dengan cara yang lebih mudah, dari sisi perangkat hal ini masih memungkinkan untuk dilakukan, yakni dengan cara menggunakan jenis antena komersial yang memiliki *bandwidth* frekuensi yang lebih lebar seperti antena jenis *folded dipole* dengan frekuensi kerja antara 3-30MHz. Akan tetapi dari peraturan, perubahan nilai frekuensi kerja yang digunakan juga harus diperhatikan. Pada dasarnya setiap pengoperasian radio haruslah memiliki ijin penggunaan frekuensi kerja yang digunakan atau dipilih. Selain itu, frekuensi kerja yang hendak digunakan atau dipilih, haruslah merujuk pada alokasi frekuensi yang diijinkan. Tanpa ijin penggunaan frekuensi dan alokasi frekuensi yang sesuai, maka komunikasi radio yang dilakukan akan berdampak pada hal-hal yang kemungkinan bersifat merugikan pihak-pihak tertentu. Sebagai contoh, bila radio harus bekerja pada frekuensi 8,85 MHz, dimana pada frekuensi tersebut merupakan alokasi frekuensi khusus untuk penerbangan, maka dapat dipastikan komunikasi penerbangan akan terganggu dan bisa saja hal ini dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan pesawat akibat terganggunya komunikasi pengarahan dari menara kendali pesawat.

8 195 – 8 815	BERGERAK MARITIM S5.109 S5.110 S5.132 S5.145
Nilai Frekuensi (kHz)	Peruntukan Penggunaan
8 815 – 8 965	S5.111 BERGERAK PENERBANGAN (R)

Gambar 4-3: Cuplikan tabel alokasi frekuensi untuk penerbangan

5 KESIMPULAN

Kemunculan lapisan E dapat berdampak positif maupun negatif. Dampak negatif kemunculan lapisan E adalah penghalangan perambatan atau pemantulan gelombang radio yang seharusnya terjadi pada lapisan F. Pemantulan yang terjadi di lapisan E dapat dinyatakan sebagai perubahan ketinggian dari lapisan pemantul gelombang radio secara seketika.

Dengan menggunakan metode secant, terlihat bahwa perubahan ketinggian lapisan ionosfer berdampak pada perubahan besarnya frekuensi kerja dari sirkuit radio komunikasi HF. Semakin jauh jarak sirkuit radio komunikasi, maka besarnya frekuensi yang harus diubah atau disesuaikan akan semakin besar pula. Hal ini tentu saja akan menjadi permasalahan atau gangguan, bilamana frekuensi yang dapat digunakan tidak dapat dipenuhi baik dari sisi perangkat ataupun dari sisi perijinan. Dari sisi perangkat, radio dan antena harus sesuai dengan frekuensi kerja. Sedangkan dari sisi perijinan, ijin penggunaan frekuensi dan alokasi yang diatur oleh lembaga nasional maupun internasional harus sesuai dengan peruntukan penggunaannya. Tanpa memenuhi kedua hal tersebut maka komunikasi menggunakan radio tidak akan dapat terlaksana.

DAFTAR RUJUKAN

- Jiyo, 2009. *Penentuan Frekuensi Maksimum Komunikasi Radio dan Sudut Elevasi Antena*, Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara, Vol. 4 No.1, halaman 25-30.
- Jiyo, A. Gunawan Admiranto, G. Wikantho, 2005. *Peningkatan Kerapatan Elektron Lapisan E-Sporadis di atas Tanjungsari dan Pameungpeuk pada saat Terjadi Badai Meteor Leonid Tahun 2001*, Warta LAPAN, Vol. 7 No. 1,2, halaman 25-32.
- McNamara, L. F., 1992. *The Ionosphere: Communications, Surveillance, and Direction Finding*, Kreiger Publishing Company, halaman 17-38 dan 39-49.
- Penjelasan Atas Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 53 Tahun 2000 tentang Penggunaan Spektrum Frekuensi Radio dan Orbit Satelit, http://www.indonesia.go.id/id/produk_uu/isi/pp2000/penjpp-53-00.html, download Agustus 2009.
- Suhartini S, 2007. *Komunikasi Jarak Jauh menggunakan 2 Meteran*, Berita Dirgantara, Vol. 8 No. 3, halaman 68-71.