

# PERAN LAPISAN E IONOSFER DALAM KOMUNIKASI RADIO HF

Sri Suhartini

Peneliti Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi, LAPAN

## RINGKASAN

Komunikasi radio HF (3-30 MHz) dapat mencapai jarak jauh dengan bantuan lapisan ionosfer yang bersifat memantulkan gelombang radio pada rentang frekuensi tersebut. Salah satu lapisan ionosfer tersebut adalah lapisan E yang berada pada ketinggian sekitar 100 km. Lapisan E dapat mendukung komunikasi radio HF pada siang hari untuk jarak kurang dari 2000 km. Komunikasi menggunakan VHF dapat mencapai jarak sampai 3500 km dengan dukungan lapisan E, terutama ketika terjadi lapisan E sporadis dengan frekuensi kritis lebih dari 5 Mhz.

## 1 PENDAHULUAN

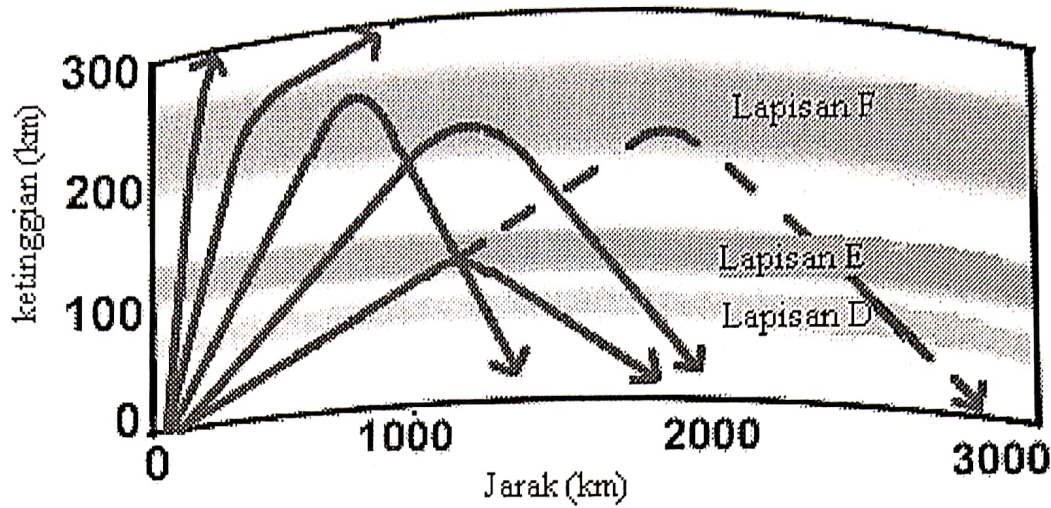
Lapisan E adalah bagian dari lapisan ionosfer yang berada pada ketinggian 90 - 120 km dari permukaan bumi. Pembentukan lapisan ini dipengaruhi terutama oleh proses ionisasi oleh sinar X dan ultraviolet. Dengan ionosonde, lapisan ini hanya teramati pada siang hari dengan frekuensi maksimum sekitar 2 sampai 5 MHz. Hal ini disebabkan oleh sangat rendahnya kerapatan elektron pada malam hari, sehingga tidak mampu lagi memantulkan gelombang radio yang dipancarkan oleh pemancar ionosonde (ionosonde pada umumnya bekerja pada rentang frekuensi 2 - 22 MHz). Pada malam hari gelombang radio hanya dipantulkan oleh lapisan F. Seperti lapisan F, lapisan E juga memantulkan gelombang radio HF sehingga dapat dimanfaatkan untuk mendukung komunikasi radio. Dalam makalah ini akan ditinjau frekuensi, sudut elevasi, dan jarak komunikasi HF yang dapat didukung oleh keberadaan lapisan E di Indonesia.

## 2 PEMANTULAN GELOMBANG RADIO HF

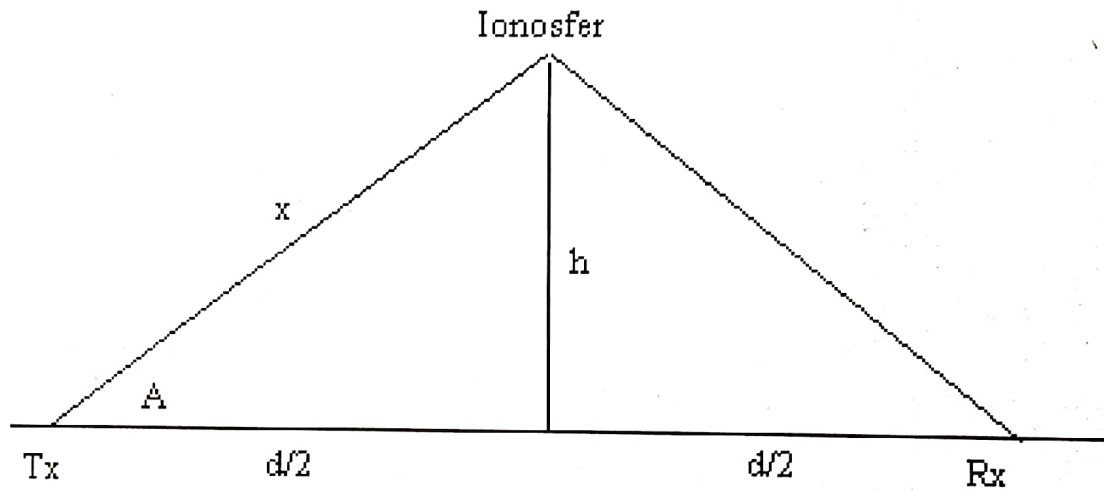
Dalam perjalanannya dari pemancar ke penerima, gelombang radio HF akan melalui lapisan-lapisan ionosfer sebelum dibelokkan dan sampai ke penerima. Perjalanan gelombang radio diilustrasikan dalam Gambar 2-1 (HF

*Radiation - choosing the right frequency, download 2007).*

Gambar 2-1 adalah gambaran umum yang menunjukkan berbagai kemungkinan perambatan gelombang radio dari pemancar ke penerima. Tergantung pada frekuensi dan sudut elevasinya, gelombang radio dapat dipantulkan oleh lapisan E maupun lapisan F ionosfer. Lapisan D tidak dapat memantulkan gelombang radio karena kerapatan elektronnya rendah, tetapi menyerap energi gelombang radio yang melaluinya. Frekuensi yang dapat dipantulkan tergantung pada kerapatan elektron di ionosfer. Semakin besar kerapatan elektron, semakin tinggi frekuensi yang dapat dipantulkan. Oleh karena itu, lapisan F dapat memantulkan frekuensi-frekuensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan lapisan E. Ketika kita melakukan komunikasi radio HF, gelombang radio dapat dipantulkan oleh lapisan E atau lapisan F, tergantung frekuensi yang kita gunakan. Lapisan F yang lebih tinggi letaknya juga dapat menjangkau jarak komunikasi lebih jauh dibandingkan lapisan E. (Suhartini, 2007). Frekuensi maksimum yang dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer untuk satu kali pantulan, secara umum dapat dihitung dengan geometri sederhana (Gambar 2-2).



Gambar 2-1: Perambatan gelombang radio HF



Gambar 2-2: Geometri sederhana perambatan gelombang dari pemancar (Tx) ke penerima (Rx)

MUF E (frekuensi maksimum yang dapat dipantulkan oleh lapisan E) dapat dihitung sebagai berikut :

$$MUF E = foE / \sin A = foE \frac{x}{h} = foE \sqrt{\frac{d^2}{4} + h^2} \quad (2-1)$$

Keterangan

foE = frekuensi kritis lapisan E

h = ketinggian lapisan E

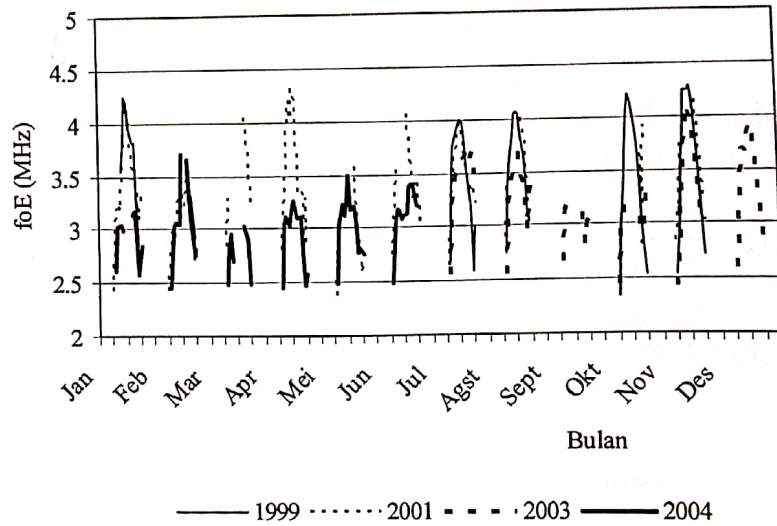
d/2 = setengah jarak pemancar ke penerima

A = sudut elevasi gelombang radio

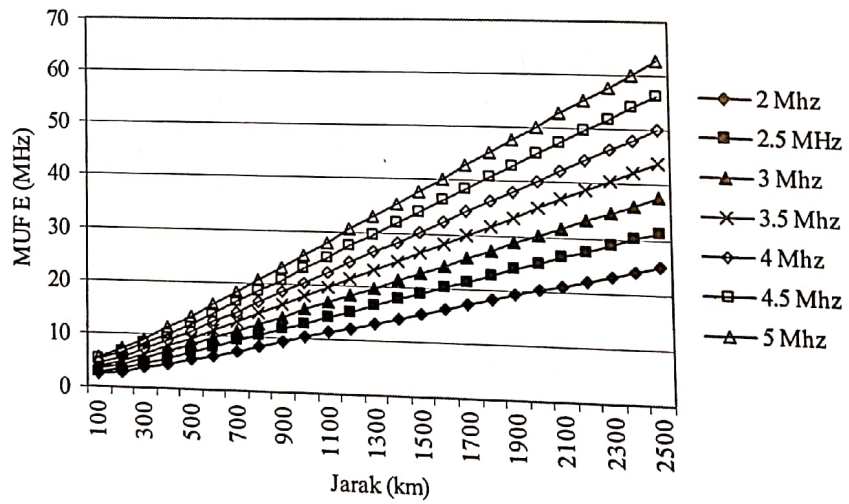
### 3 MUF E DAN ANALISISNYA

Frekuensi kritis lapisan E (foE) ionosfer Indonesia pada umumnya mempunyai harga antara 2-5 MHz, sedangkan ketinggiannya sekitar 100 km. Gambar 3-1 menunjukkan harga median foE dari data ionosfer di Tanjungsari - Sumedang untuk beberapa tahun. Berdasarkan rentang harga foE tersebut, dihitung MUF E untuk beberapa harga foE dengan ketinggian lapisan 100 km, untuk jarak komunikasi dari 100 km sampai 2500 km. Hasil perhitungan diplot dalam Gambar 3-2. Selain MUF E, dihitung juga sudut elevasi gelombang radio untuk berbagai kondisi tersebut.

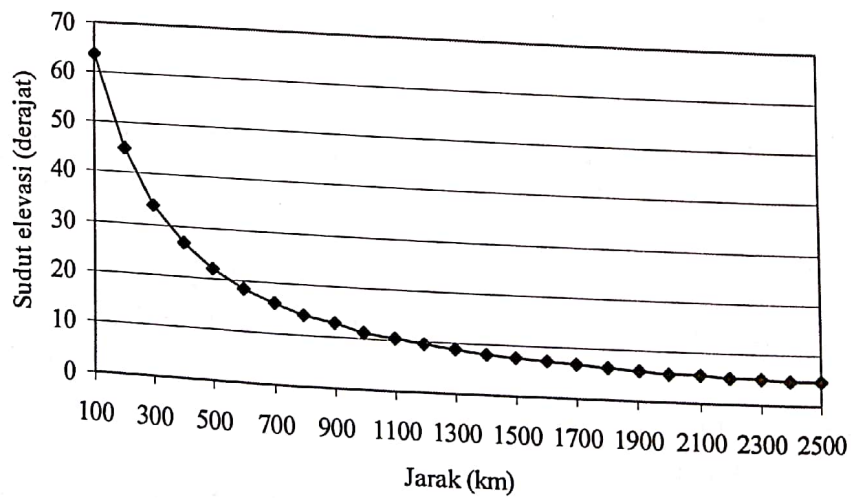




Gambar 3-1: Median foE di atas Tanjungsari tahun 1999, 2001, 2003, dan 2004



Gambar 3-2: MUF E untuk berbagai harga foE dan jarak. Ketinggian lapisan E diasumsikan = 100 km



Gambar 3-3: Sudut elevasi gelombang radio yang dipantulkan oleh lapisan E. Ketinggian lapisan E diasumsikan = 100 km

Salah satu besaran penting dalam komunikasi radio adalah MUF (*Maxi mum Usable Frequency*), yaitu frekuensi maksimum yang dapat dipantulkan oleh ionosfer untuk satu sirkit tertentu. MUF tergantung pada dua hal, yaitu frekuensi kritis lapisan ionosfer di titik pemantulan gelombang radio, dan geometri sirkit komunikasi (McNamara, 1991). Rumus 2-1 menunjukkan bahwa untuk satu harga frekuensi kritis tertentu, MUF akan semakin besar apabila sudut elevasi semakin rendah ( $\sin A$  semakin kecil). Sudut elevasi lebih rendah akan diperoleh apabila ketinggian lapisan semakin rendah, atau jarak komunikasi semakin jauh.

Dari Gambar 3-2 dapat dilihat bahwa, lapisan E dapat mendukung komunikasi radio dengan frekuensi kerja  $> 20$  MHz, jarak komunikasi  $> 2000$  km, hanya dengan foE sebesar 2.5 MHz. Gambar 3-3 menunjukkan bahwa untuk satu kali pantulan oleh lapisan E setinggi 100 km, untuk jarak komunikasi  $> 2000$  km, sudut elevasi gelombang radio sekitar  $5^\circ$ , dan semakin kecil dengan bertambahnya jarak. Dalam praktek, kecilnya sudut elevasi ini akan menyulitkan karena penempatan antena harus tinggi. Pada umumnya, komunikasi radio HF di kabupaten-kabupaten dilakukan menggunakan antena dipole horisontal. Untuk antena jenis ini, untuk mendapatkan sudut elevasi  $9^\circ - 19^\circ$ , antena harus dipasang setinggi satu panjang gelombang di atas tanah, dan menjadi setengah panjang gelombang untuk sudut elevasi  $18^\circ - 40^\circ$  (Larson Ken, 2007). Sebagai ilustrasi, untuk frekuensi yang digunakan di Kabupaten di luar P. Jawa, sekitar 6 MHz, panjang gelombangnya adalah 50 m. Dengan jarak komunikasi 300 km, sudut elevasi sebesar  $33^\circ$  (Gambar 3-3). Untuk kondisi ini penempatan antena dipole horizontal harus setinggi 25 meter (setengah panjang gelombang) dari permukaan tanah. Penempatan antena harus semakin tinggi untuk sudut elevasi yang semakin kecil. Hal ini menjadi batasan jarak penggunaan lapisan E untuk mendukung komunikasi radio. Pada beberapa model prediksi frekuensi (McNamara, 1992;

Halley, 1974), jarak ini dibatasi  $< 2000$  km. Untuk jarak  $> 2000$  km tidak ada perhitungan MUF menggunakan lapisan E dengan satu kali pantulan. Gambar 3-2 menunjukkan frekuensi-frekuensi dalam rentang HF dengan jarak komunikasi  $< 2000$  km, dapat didukung oleh lapisan E dengan foE  $< 3.5$  MHz. Dari Gambar 3-1 dapat diketahui bahwa foE  $< 3.5$  MHz adalah nilai yang pada umumnya dapat terpenuhi sepanjang tahun.

Dari Gambar 3-2 dapat dilihat bahwa frekuensi-frekuensi di atas rentang HF (VHF: 30-300 MHz) juga dapat dipantulkan oleh lapisan E dengan jarak komunikasi  $> 1000$  km. Apabila foE  $> 5$  MHz, maka dengan ketinggian lapisan E dan jarak yang sama, MUF E juga akan semakin tinggi. Hal ini bisa terjadi ketika ada lapisan E sporadis, yang frekuensinya dapat mencapai di atas 10 MHz. Kemunculan lapisan E sporadis ini memungkinkan komunikasi 2 meteran ( $\sim 150$  MHz) dapat mencapai jarak 2500 - 3500 km (Grassmann, 2003).

#### 4 KESIMPULAN

Lapisan E ionosfer, meskipun hanya ada pada siang hari, dapat mendukung komunikasi radio HF (3-30 MHz) untuk batas jarak tertentu. Batasan jarak tidak disebabkan oleh besarnya frekuensi kritis lapisan E, akan tetapi oleh geometri sirkit komunikasi dan kendala penempatan antena untuk sudut-sudut elevasi sangat kecil. Besarnya frekuensi kritis lapisan E (foE)  $< 3.5$  MHz, yang secara umum dapat dipenuhi sepanjang tahun, dapat mendukung komunikasi radio HF dengan jarak  $< 2000$  Km. Ketika terjadi lapisan E sporadis yang frekuensi kritisnya bisa mencapai  $> 10$  MHz, komunikasi menggunakan VHF (30-300 MHz) juga dapat didukung oleh lapisan E, sehingga komunikasi jenis ini dapat dilakukan untuk jarak sangat jauh (2500-3500 Km).

#### DAFTAR RUJUKAN

- Grassmann, V., 2003. *Very long distance propagation in the 144 MHz band*, <http://www.df5ai.net>, download Juli 2004.

Halley, P., 1974. *Establishement des previsions de zones normalisees*, NT/MER/MPI/6 CNET, Lannion, France.

Larson Ken, 2007. Maximum usable angle, [http:// www.cvarc.org/tech/maxusable\\_angle.html](http://www.cvarc.org/tech/maxusable_angle.html), download Mei 2007.

McNamara, L., 1992. *Advanced Stand Alone Prediction System for HF radio communications*, A users guide to ASAPs, tidak diterbitkan.

McNamara, L., 1991. *The ionosphere: Communications, surveillance, and direction finding*, Krieger Publishing Compay.

Suhartini, S., 2007. *Lapisan ionosfer dan perambatan gelombang radio HF*, Buku ilmiah LAPAN: Lapisan ionosfer, manajemen frekuensi dan komunikasi radio, dalam proses penerbitan.

Weather.nps.navy.mil, HF Radiation, 2007. Choosing the right frequency, [http://www. weather.nps.navy.mil/~psguest/EMEOonline/ module3 / module\\_3\\_2b.html](http://www.weather.nps.navy.mil/~psguest/EMEOonline/module3/module_3_2b.html) download Mei.