

SUDUT ELEVASI DAN KETINGGIAN ANTENA UNTUK KOMUNIKASI RADIO HF

Sri Suhartini

Peneliti Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi, LAPAN

RINGKASAN

Gelombang radio dapat sampai ke penerima dengan cara langsung, merambat dekat permukaan bumi, dan melalui pemantulan ionosfer. Cara perambatan yang terakhir inilah yang digunakan untuk komunikasi jarak jauh, menggunakan frekuensi tinggi (HF: 3 – 30 MHz), dengan memanfaatkan pemantulan lapisan ionosfer. Antena yang umum digunakan dalam komunikasi radio HF adalah antena dipole setengah panjang gelombang ($\frac{1}{2} \lambda$). Tiga komponen yang menentukan keberhasilan komunikasi dengan gelombang antariksa adalah frekuensi, sudut elevasi, dan daya pancar. Frekuensi berkaitan dengan kerapatan elektron di lapisan ionosfer, sudut elevasi ditentukan oleh jarak komunikasi dan ketinggian lapisan ionosfer, dan menentukan ke arah mana gelombang radio harus dipancarkan, sedangkan daya pancar menunjukkan besarnya energi gelombang radio yang dipancarkan. Ketinggian antena menentukan pola radiasinya, yaitu distribusi energi gelombang radio yang dipancarkan, oleh karena itu berperan dalam menentukan sampainya gelombang radio di tujuan komunikasi.

1 PENDAHULUAN

Gelombang radio dapat merambat melalui 3 cara, yaitu gelombang langsung (*direct wave*), gelombang permukaan (*ground waves*) dan gelombang antariksa (*sky wave*). (Dettmann T.R., 1996, Download, 1996, HF Technology). Gelombang langsung (*direct waves*) memerlukan jalur dimana antena pemancar dan antena penerima dapat “saling melihat” dan tidak ada penghalang di antaranya. Komunikasi yang menggunakan perambatan ini adalah komunikasi dengan frekuensi VHF dan UHF. Contoh penggunaan komunikasi jenis ini adalah komunikasi antara pesawat terbang dengan menara kontrol di bandar udara. Gelombang permukaan (*ground waves*) merambat di permukaan dan mengikuti kelengkungan bumi. Gelombang permukaan mengalami penyerapan energi oleh bumi. Jarak jangkauannya tergantung pada frekuensi dan konduktivitas permukaan yang dilalui. Di atas lautan, jarak jangkauannya bisa mencapai 300 km, sementara di daerah gersang, berbatu, jarak jangkauannya bisa turun

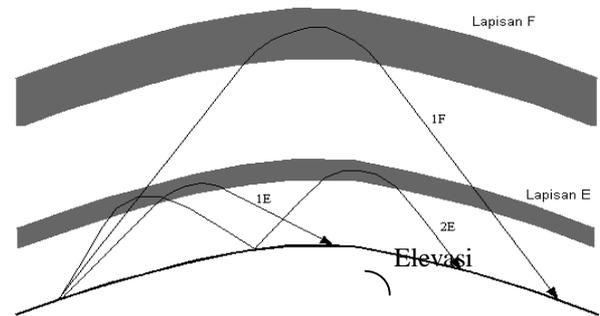
sampai 30 km. Gelombang permukaan umumnya digunakan untuk komunikasi antara satu tempat tetap dengan satu obyek yang bergerak, atau antara dua obyek yang bergerak, misalnya antara dua kapal yang sedang berlayar. Sinyal VHF merambat sangat bagus di atas permukaan air, sementara sinyal UHF merambat sangat baik di daerah perkotaan dengan gedung-gedung tinggi. Bila gelombang VHF dan UHF digunakan untuk jarak lebih dari 150 km diperlukan stasiun relay supaya gelombang radio dapat mencapai jarak cukup jauh.

Untuk komunikasi jarak jauh, digunakan gelombang antariksa (*sky waves*). Pada frekuensi tertentu, gelombang radio dibelokkan atau dipantulkan dan kembali ke bumi oleh lapisan ionosfer pada jarak ratusan bahkan ribuan kilometer dari pemancar. Tergantung pada frekuensi, waktu dan kondisi ionosfer, sinyal dapat dipantulkan beberapa kali sebelum mencapai penerima. Komunikasi ini menggunakan frekuensi tinggi (HF: 3 – 30 MHz). Ada tiga komponen yang menentukan keberhasilan

komunikasi dengan gelombang antariksa, yaitu frekuensi, sudut elevasi, dan daya pancar (Bambang Sutrisno, 2008). Frekuensi yang dapat digunakan setiap saat tergantung pada kerapatan elektron di lapisan ionosfer yang berfungsi sebagai pemantul gelombang radio. Semakin tinggi kerapatan elektron, semakin tinggi frekuensi yang dapat dipantulkan. Untuk jarak tertentu, ada batas frekuensi yang dapat dipantulkan, biasa disebut MUF (*Maximum Usable Frequency*). Sudut elevasi berkaitan dengan jarak komunikasi dan mode propagasi gelombang radio. Apabila gelombang radio dipantulkan oleh lapisan ionosfer yang sama (misalnya lapisan F), semakin dekat jarak komunikasi, semakin besar sudut elevasi yang diperlukan. Daya pancar menunjukkan "kekuatan" gelombang radio yang kita pancarkan. Ketiga komponen tersebut secara bersama-sama akan menentukan keberhasilan komunikasi radio HF yang kita lakukan. Daya yang besar tidak akan berarti apabila sudut elevasi tidak tepat, atau frekuensi yang digunakan salah, dan sebaliknya. Makalah ini membahas peran sudut elevasi dan ketinggian antena dalam keberhasilan komunikasi HF, menggunakan antena dipole $\frac{1}{2} \lambda$.

2 MODE PROPAGASI GELOMBANG ANTARIKSA

Mode propagasi adalah jalur yang dilalui gelombang radio dalam perjalanannya dari pemancar ke penerima. Jalur ini banyak dan bervariasi, sehingga perlu dilakukan "pengarahan", supaya energi terbesar dari gelombang radio yang dipancarkan akan jatuh pada posisi lawan komunikasi (penerima). Perambatan mungkin terjadi dengan 1 hop (satu kali pantulan dari ionosfer), 2 hop (dua kali pantulan dari ionosfer, dengan pantulan dari permukaan bumi di antara keduanya), dan sebagainya, dan mungkin melalui satu atau beberapa lapisan ionosfer (Mc Namara, 1991)



Gambar 2-1: Beberapa mode perambatan gelombang antariksa. (Sumber : *Introduction to HF Radio Propagation*, <http://www.ips.gov.au>)

Gambar 2-1 menunjukkan beberapa mode perambatan gelombang antariksa dengan pemantulan oleh lapisan E dan F. Mode 1E berarti gelombang radio dipantulkan satu kali oleh lapisan E, 1F satu kali oleh lapisan F dan seterusnya. Beberapa mode cenderung mengalami pelemahan lebih besar dibandingkan lainnya. Sebagai rumus umum, semakin tinggi orde mode, atau semakin banyak hop-nya, kuat sinyal akan semakin kecil karena setiap kali pemantulan baik di permukaan bumi maupun di ionosfer selalu menghasilkan pengurangan energi. Sebagai contoh, 2 hop lapisan F, atau mode 2F, harus dipantulkan oleh permukaan bumi sekali, dan 2 kali dari lapisan F. Sebagai konsekuensinya, kehilangan energi mode 1F akan selalu lebih kecil dibandingkan 2F atau mode lapisan F orde yang lebih tinggi (3F, 4F, ...). Kehilangan energi pada pemantulan oleh permukaan bumi untuk hop panjang (sudut elevasi rendah) umumnya sekitar 3 dB untuk permukaan dengan konduktivitas rendah dan 0.5 dB untuk pemantulan di laut. Mode perambatan dengan orde yang lebih rendah juga ditandai dengan MUF yang lebih tinggi dibandingkan orde yang lebih tinggi.

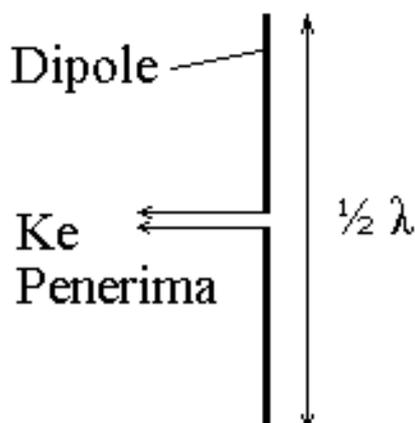
Lapisan E adalah pemantul yang kurang bagus dibandingkan lapisan F. Dua kali pantulan dari lapisan E pada umumnya cukup untuk mengurangi kuat sinyal sampai di bawah tingkat yang masih bisa dideteksi, yaitu, sinyal menurun sampai di bawah tingkat noise lingkungan. Lapisan E sporadis, sebaliknya, seringkali merupakan pemantul yang sangat

bagus untuk gelombang radio dan bisa sangat bermanfaat, meskipun kadang-kadang menimbulkan sedikit masalah.

Secara umum, gelombang radio diharapkan merambat mengikuti mode yang paling sederhana, yaitu 1 kali pantulan oleh lapisan ionosfer, sehingga kehilangan energi menjadi sekecil mungkin. Apabila jarak komunikasi sangat jauh (> 1000 km untuk pemantulan oleh lapisan E, dan > 3000 km untuk pemantulan oleh lapisan F), sudut elevasi menjadi sangat rendah, dan dalam kenyataannya sulit untuk direalisasikan. Oleh karena itu, mode propagasi dengan satu kali pantulan menjadi tidak mungkin, dan harus digunakan mode dengan orde lebih tinggi.

3 SUDUT ELEVASI DAN TINGGI ANTENA DIPOLE $\frac{1}{2} \lambda$

Pada dasarnya, hanya ada satu alasan untuk memilih antena dengan benar, yaitu supaya sinyal merambat melalui lintasan yang kita harapkan, dan sampai ke penerima dengan mode propagasi terbaik yang mungkin dilakukan. Pemilihan antena bervariasi sesuai kebutuhan. Satu antena mungkin ideal untuk satu kondisi tetapi hampir tidak mungkin digunakan untuk kondisi lainnya. Dalam komunikasi radio HF, jenis antena yang paling umum digunakan adalah antena dipole setengah panjang gelombang ($\frac{1}{2} \lambda$). Gambaran sederhana antena dipole $\frac{1}{2} \lambda$ adalah sebagai berikut (Gambar 3.1) :



Gambar 3-1: Antena dipole $\frac{1}{2} \lambda$ (sumber : Basic Antenna Theory)

Panjang gelombang (λ) dapat dihitung dengan rumus :

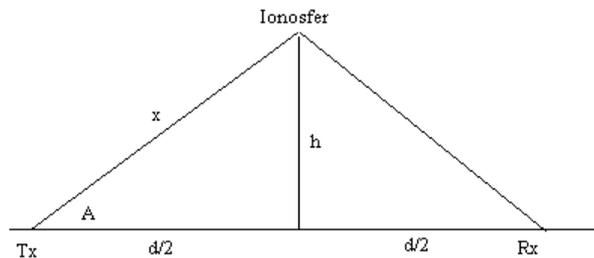
$$\lambda = 300/f \quad (3-1)$$

dimana f adalah frekuensi gelombang radio dalam satuan MHz, dan λ dalam meter.

Sebelum memasang antena, pertama-tama harus dipelajari geometri sirkuit komunikasinya, terutama sudut elevasi, yang biasanya diasumsikan sama pada sisi pemancar maupun penerima. Sudut elevasi dapat dihitung secara sederhana menggunakan rumus segitiga, dengan menganggap permukaan bumi dan ionosfer datar (Gambar 3-2). Kalau sudut elevasi adalah A , jarak antara pemancar dan penerima d , dan ketinggian lapisan ionosfer h , maka :

$$\text{tg } A = 2h/d \quad (3-2)$$

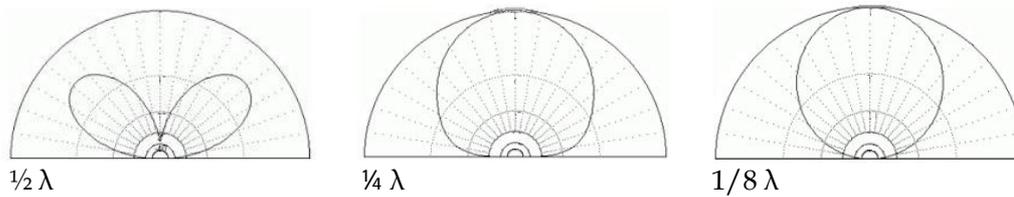
Untuk pemantulan oleh lapisan E, pada umumnya digunakan $h=100$ km, dan untuk lapisan F, $h = 300$ km.



Gambar 3-2: Geometri sederhana perambatan gelombang radio

A adalah sudut elevasi gelombang radio

Setelah kita mendapatkan sudut elevasi untuk mode yang kita harapkan, kita dapat memilih antena dengan pola radiasi dimana maksimumnya berada pada sudut elevasi yang sesuai. Pola radiasi adalah gambaran distribusi energi gelombang radio yang dikeluarkan dari antena. Energi terbesar gelombang radio akan dipancarkan dari arah puncak lengkungan pola. Ketika antena dipole $\frac{1}{2} \lambda$ dipasang di atas tiang/menara, karena pengaruh permukaan bumi, pola radiasinya berbeda untuk ketinggian yang berbeda. Gambar 3-3 memberikan contoh pola radiasi antena dipole $\frac{1}{2} \lambda$ untuk ketinggian $\frac{1}{2} \lambda$; $\frac{1}{4} \lambda$; dan $\frac{1}{8} \lambda$ (Carr, J.J., 2001, Bambang Sutrisno, 2008).



Gambar 3-3 : Pola radiasi antenna dipole $\frac{1}{2} \lambda$ untuk beberapa ketinggian antenna

Sebagai contoh, untuk komunikasi dengan jarak kurang dari 200 km (sudut elevasi $60^\circ - 90^\circ$), antenna dipole $\frac{1}{2} \lambda$ sebaiknya dipasang pada ketinggian $\frac{1}{4} \lambda$, sedangkan untuk jarak 500 – 1000 km (sudut elevasi $25^\circ - 50^\circ$), ketinggian antenna yang baik adalah $\frac{1}{2} \lambda$, supaya energi gelombang radio yang sampai pada penerima maksimal (MC Namara, 1991). Antena dipole dengan ketinggian $1/8 \lambda$, akan memancarkan energi terbesarnya tegak lurus ke atas, sehingga tidak akan efektif untuk digunakan dalam komunikasi radio, kecuali untuk jarak yang sangat dekat, yang biasanya masih dapat dijangkau oleh gelombang permukaan (gelombang radio yang merambat di dekat permukaan bumi).

4 PENUTUP

Dalam komunikasi radio HF, selain kinerja peralatan dan operator, ada faktor-faktor lain yang menentukan keberhasilannya. Tiga faktor penentu lainnya adalah frekuensi, sudut elevasi, dan daya pancar yang tepat. Ketiga komponen ini saling berkaitan dan kesalahan dalam pemilihannya dapat berakibat kegagalan komunikasi. Daya yang besar tidak akan berarti kalau frekuensi yang digunakan tidak dapat dipantulkan oleh ionosfer, atau pola radiasi antenanya tidak tepat. Frekuensi kerja menentukan mode propagasi yang kita harapkan, apakah gelombang radio akan dipantulkan oleh lapisan E atau lapisan F ionosfer, berkaitan dengan jarak komunikasi yang ingin dilakukan. Jarak komunikasi dan ketinggian lapisan pemantulnya akan menentukan

sudut elevasi gelombang radio, dan kemudian pola radiasi antenna yang diperlukan. Untuk jenis antenna dipole $\frac{1}{2} \lambda$, ketinggian pemasangan antenna menentukan pola radiasinya, sehingga harus ditentukan pada ketinggian berapa antenna akan dipasang, supaya pola radiasinya sesuai yang dibutuhkan, dan energi terbesar dari gelombang radio yang dipancarkan akan mengarah ke penerima atau lawan komunikasi kita.

DAFTAR RUJUKAN

- , 1996. *Radio Communications In The Digital Age volume one : HF Technology.*
- , *Introduction to HF Radio Propagation*, <http://www.ips.gov.au>. Download tanggal 25 Februari 2003.
-, *Basic Antenna Theory*, Great Yarmouth Radio Club, download 6 Juni 2003.
- Bambang Sutrisno, 2008. *Antena untuk NVIS, Materi Diseminasi Aplikasi MSILRI, Data GPS dan Ionosonda pada sistem komunikasi NVIS dan pengukuran GPS single frekuensi*, LAPAN, 29 Oktober 2008.
- Carr, Joseph J., 2001. *Practical Antenna Handbook*, fourth edition, Mc Graw hill.
- Dettmann Terry R. 2003. *WX7S, Types of propagation*, download.
- Mc Namara, L, 1991. *The Ionosphere: Communications, Surveillance, and Direction Finding*, Krieger Publishing Company, Malabar, Florida. ISBN 0-89464-040-2.