

# ANALISIS PROPAGASI GELOMBANG RADIO HF DAN RADIUS DAERAH BISU

Jiyo

Peneliti Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi, LAPAN

## ABSTRACT

In this paper we discuss HF radio wave propagation and its relation to skip zone. Based on the simulation using a simple formula and 27<sup>th</sup>-29<sup>th</sup> November 2007 ionospheric data, we obtained the *minimum distance* for sky wave which is the radius of the skip zone. The results have been compared with observed data from mobile HF radio communication operated over road of Yogyakarta-Banyuwangi-Yogyakarta. The results are: (1) the minimum distance for sky wave depends on the height and critical frequency of the ionosphere, (2) the variation of the height and critical frequency during the day cause the variation of the skip zone, (3) the probability of the existence of skip zone in the morning is higher than in the afternoon, (4) probability of skip zone for lower working frequency is higher than that in the higher working frequency, (5) skip zone prediction needs an ionospheric model.

Keywords: *Propagation, Skip zone minimum distance, Critical frequency, Ionospheric model*

## ABSTRAK

Pada makalah ini dibahas tentang propagasi gelombang radio pada pita frekuensi HF (3-30 MHz) dan kaitannya dengan radius daerah bisu. Melalui simulasi menggunakan rumus sederhana dan data ionosfer hasil pengamatan selama tiga hari yakni tanggal 27 - 29 November 2007 dapat dihitung jarak rambat terdekat (*jrd*) yang merupakan radius daerah bisu. Hasil simulasi dibandingkan dengan data pengamatan menggunakan perangkat radio bergerak (*mobile*) dari Yogyakarta hingga Banyuwangi pergi-pulang. Dari pembahasan diperoleh kesimpulan bahwa : (1) jarak rambat terdekat bergantung kepada ketinggian dan frekuensi kritis lapisan ionosfer, (2) ketinggian lapisan ionosfer dan frekuensi kritisnya bervariasi sepanjang hari sehingga radius daerah bisu juga berubah sepanjang hari, (3) pada umumnya peluang kemungkinan terjadinya daerah bisu lebih tinggi pada pagi hari dibandingkan siang hari, (4) peluang terjadinya daerah bisu untuk frekuensi kerja yang lebih rendah juga lebih kecil dibandingkan frekuensi kerja yang lebih tinggi, (5) untuk memprediksi radius daerah bisu diperlukan model ionosfer.

Kata kunci: *Propagasi, Radius daerah bisu, Jarak rambat terdekat, Frekuensi kritis, Model ionosfer*

## 1 PENDAHULUAN

Penjalaran (propagasi) gelombang radio HF (3-30 MHz) dari stasiun pemancar (Tx) menuju stasiun penerima (Rx) terjadi dalam tiga cara yakni perambatan secara langsung (*line of sight*, LOS), perambatan melalui permukaan bumi (*ground wave*, GRW), dan perambatan di angkasa (*sky wave*, SKW). Gelombang radio dengan frekuensi tertentu yang dipancarkan dari satu

stasiun radio mempunyai kemungkinan untuk menjalar dalam tiga cara tersebut.

Persyaratan terjadinya penjalaran secara langsung adalah antara Tx dan Rx harus 'saling melihat'. Maksudnya, antara Tx dan Rx tidak ada suatu objekpun yang menghalanginya. Jarak yang bisa ditempuhnya juga tidak sejauh jangkauan GRW dan SKW karena banyaknya objek yang dapat menghalanginya dan faktor kelengkungan

permukaan Bumi. Gelombang permukaan (GRW) merambat dari Tx menuju Rx mengalami proses pemantulan oleh benda-benda yang ada di antara Tx dan Rx. Jarak tempuh gelombang bergantung kepada konduktivitas dan permitivitas permukaan serta daya dari pemancar. Selanjutnya, gelombang angkasa (SKW) menjalar dari Tx menuju Rx melalui proses penyerapan dan pembiasan oleh lapisan ionosfer. Jarak jangkauan SKW lebih jauh dibandingkan LOS dan GRW.

Pada gelar komunikasi radio HF sering kali dijumpai fakta bahwa satu frekuensi kerja yang lebih tinggi tidak bisa digunakan untuk menjangkau jarak tertentu, sedangkan frekuensi yang lebih rendah justru bisa digunakan. Contohnya, frekuensi 27 MHz (band 11-meter) yang digunakan stasiun radio di Bandung, tidak dapat menjangkau stasiun radio di Palembang, namun dapat menjangkau stasiun radio di Medan yang jaraknya lebih jauh. Pada saat yang sama frekuensi 10 MHz justru dapat digunakan untuk komunikasi Bandung-Palembang. Dengan demikian terdapat radius tertentu yang mana sinyal gelombang radio dengan frekuensi 27 MHz tidak dapat diterima. Daerah seperti ini disebut daerah bisa atau *skip*

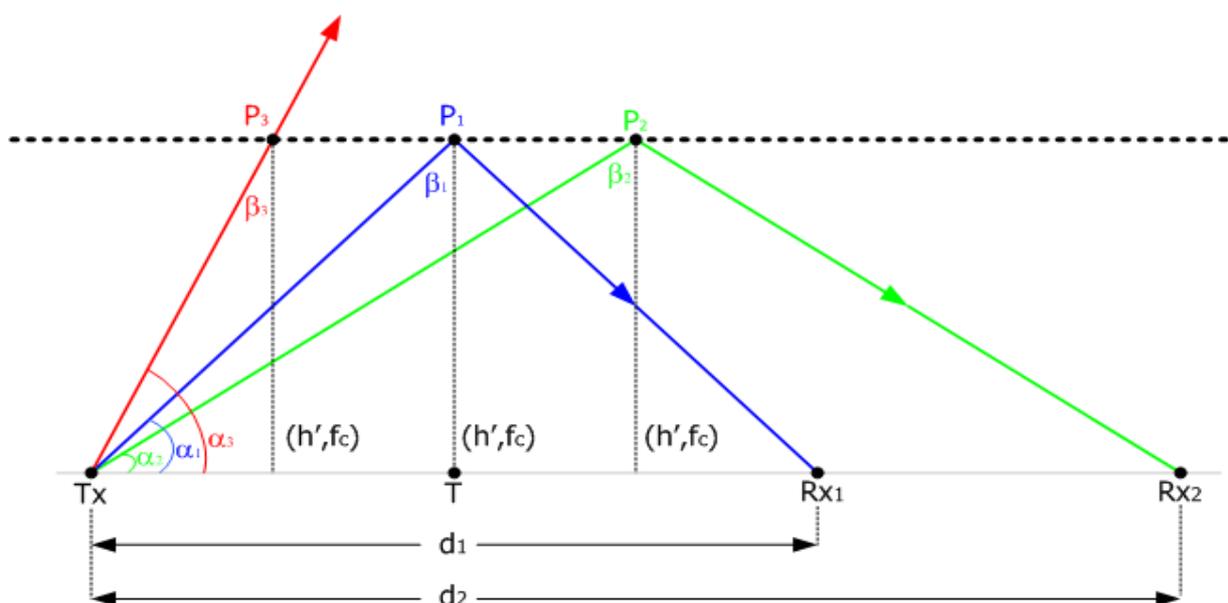
zone (McNamara, 1992; Silver, 2004) untuk frekuensi 27 MHz.

Pada penelitian ini dibahas tentang perambatan gelombang angkasa dan kaitannya dengan radius daerah bisu. Melalui simulasi dengan data ionosfer secara aktual akan diperoleh pemahaman tentang eksistensi daerah bisu dan faktor-faktor yang mempengaruhi nilainya. Dengan pemahaman ini, maka penggunaan kanal frekuensi pada stasiun radio akan menjadi lebih optimal.

## 2 LANDASAN TEORI

### 2.1 Perambatan Gelombang Angkasa

Perambatan gelombang angkasa dapat diilustrasikan seperti skema pada Gambar 2-1. Misalkan  $h'$  adalah ketinggian lapisan ionosfer;  $f_c$  adalah frekuensi maksimum gelombang radio yang dipantulkan oleh lapisan ionosfer. Kemudian  $\alpha_1$  adalah sudut pancar gelombang radio yang dipantulkan lapisan ionosfer di titik  $P_1$  dengan sudut datang  $\beta_1$ ,  $\alpha_2$  adalah sudut pancar gelombang radio yang dipantulkan lapisan ionosfer di titik  $P_2$  dengan sudut datang  $\beta_2$ , dan  $\alpha_3$  adalah sudut pancar gelombang radio yang mencapai di titik  $P_3$  dengan sudut datang  $\beta_3$  namun tidak dipantulkan lapisan ionosfer.



Gambar 2-1: Skema perambatan gelombang angkasa (skywave)

Jika selisih sudut pancar  $\alpha_1, \alpha_2$ , dan  $\alpha_3$  cukup kecil, maka titik  $P_1, P_2$ , dan  $P_3$  juga tidak terlalu jauh sehingga frekuensi  $f_c$  dan ketinggian  $h'$  untuk ketiga titik tersebut dapat diasumsikan sama. Nilai  $f_c$  dan  $h'$  dapat diperoleh dari pengamatan menggunakan radar ionosfer (*ionosonda*). Nilai  $h'$  untuk lapisan F adalah  $h'F$ , untuk lapisan E yaitu  $h'E$ , dan untuk lapisan E Sporadis adalah  $h'Es$ . Nilai  $f_c$  sama dengan frekuensi kritis lapisan ionosfer. Maksudnya, nilai  $f_c$  untuk lapisan F2 adalah  $foF_2$ , untuk lapisan F1 adalah  $foF_1$ , untuk lapisan E adalah  $foE$ , dan untuk lapisan E Sporadis adalah  $foEs$ .

Frekuensi maksimum gelombang radio yang dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer di titik  $P_1$  (MOF, *Maximum Oblique Frequency*) dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$MOF = \frac{1}{\cos \beta_1} f_c \quad (2-1)$$

Dan berdasarkan definisi MOF ini, maka syarat untuk frekuensi gelombang radio ( $f_o$ ) supaya dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer di titik  $P_1$  dan mencapai titik  $Rx_1$  dengan jarak  $d_1$ , harus lebih kecil atau sama dengan MOF. Persyaratan ini dapat dituliskan dalam bentuk pertidaksamaan berikut:

$$f_o \leq \frac{1}{\cos \beta_1} f_c \quad (2-2)$$

Untuk berkas gelombang radio dengan sudut pancar  $\alpha_2$  yang lebih kecil dari  $\alpha_1$ , maka akan menghasilkan sudut datang  $\beta_2$  yang lebih besar dari  $\beta_1$  di titik  $P_2$ . Akibatnya MOF di titik ini lebih besar daripada MOF di titik  $P_1$  sehingga  $f_o$  masih lebih kecil dari MOF di titik  $P_2$ . Jadi gelombang radio dengan frekuensi  $f_o$  dan sudut pancar  $\alpha_2$  masih dapat dipantulkan oleh lapisan ionosfer sehingga mencapai titik  $Rx_2$  dengan jarak  $d_2$ .

## 2.2 Jarak Rambat Terdekat dan Radius Daerah Bisu

Misalkan pada sudut elevasi  $\alpha_3$  yang sedikit lebih besar dari  $\alpha_1$  sedemikian sehingga gelombang radio dengan frekuensi  $f_o$  mencapai lapisan ionosfer di titik  $P_3$  dengan sudut datang  $\beta_3$  namun gelombang tersebut tidak dapat dipantulkan (lihat skema Gambar 2-1). Maka jarak  $d_1$  pada Gambar 2-1 adalah jarak rambat terdekat (*jrd*) gelombang angkasa dengan frekuensi  $f_o$  pada saat lapisan ionosfer mempunyai frekuensi maksimum  $f_c$  dan ketinggian  $h$ . Jarak rambat terdekat dapat didekati dengan rumus berikut:

$$jrd = 2h' \frac{\sqrt{f_o^2 - f_c^2}}{f_c} \quad (2-3)$$

Jadi, jika frekuensi gelombang radio  $f_o$  lebih besar dari  $f_c$ , maka gelombang radio tersebut mempunyai jarak rambat terdekat. Sebaliknya, jika frekuensi gelombang radio lebih kecil atau sama dengan  $f_c$ , maka berdasarkan persamaan (2-3) *jrd* adalah 0 atau imajiner. Artinya, gelombang radio dengan frekuensi  $f_o < f_c$  tidak mempunyai *jrd*.

Daerah di sekitar Tx dengan radius sampai dengan *jrd* disebut daerah bisu (*skip zone*) untuk frekuensi  $f_o$  karena gelombang radio dengan frekuensi tersebut tidak dapat dipantulkan lapisan ionosfer. Jadi eksistensi *jrd* dan daerah bisu ditentukan oleh frekuensi kerja yang digunakan, frekuensi kritis lapisan ionosfer, dan ketinggiannya. Frekuensi kritis lapisan ionosfer dan ketinggiannya berubah terhadap waktu sehingga jarak rambat terdekat dan daerah bisu juga berubah setiap waktu.

## 3 METODOLOGI

Dengan rumus (2-3) dapat dihitung jarak rambat terdekat jika diketahui frekuensi kerja yang digunakan, frekuensi kritis lapisan ionosfer, dan ketinggian lapisan di titik

$P_1$  pada waktu tertentu. Pada simulasi ini frekuensi kerja yang digunakan adalah 7,200 MHz dan 10,200 MHz. Perhitungan jarak rambat terdekat menggunakan persamaan (2-3) dengan paket program *Microsoft Excel*. Sedangkan data frekuensi kritis lapisan F2 ionosfer ( $f_oF_2$ ) dan ketinggiannya diamati di Stasiun Pengamat Dirgantara Tanjungsari tanggal 27 – 29 Mei 2007 menggunakan ionosonda IPS71 yang beroperasi setiap 15 menit untuk mendapatkan data. Untuk mengujinya pada tanggal tersebut dilakukan komunikasi antara stasiun radio LAPAN Bandung ( $6,89^\circ$  LS;  $107,59^\circ$  BT) dengan stasiun bergerak pada titik-titik sepanjang perjalanan Yogyakarta-Banyuwangi pergi pulang.

Dalam pengujian jarak rambat terdekat, radio di stasiun LAPAN Bandung mengirimkan sejumlah huruf secara otomatis setiap 5 menit sekali. Pengiriman paket huruf secara otomatis ini dilakukan dengan menggunakan piranti keras komputer, radio, dan TNC (*Tone Node Controller*), serta perangkat lunak *MixW*. Perangkat yang sama digunakan pada stasiun bergerak yang menyusuri jalan Yogyakarta-Banyuwangi pergi pulang. Perangkat pada stasiun bergerak menerima paket huruf yang dikirimkan dan mencatat kuat sinyal penerimaan.

## 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Simulasi Perhitungan Jarak Rambat Terdekat dan Daerah Bisu

Hasil simulasi dengan data tanggal 27 November 2007 diperlihatkan pada Tabel 4-1. Pengukuran kuat sinyal gelombang radio pada frekuensi 7,200 MHz dan 10,200 MHz dilakukan mulai pukul 9.00 WIB sampai dengan pukul 17.00 WIB dengan posisi pengukuran (posisi Rx)

sepanjang perjalanan dari Solo ( $7,54^\circ$ LS;  $110,85^\circ$ BT) sampai dengan Probolinggo ( $-7,54^\circ$ LS;  $112,39^\circ$ BT). Frekuensi 7,200 MHz diukur kuat sinyalnya di titik-titik sepanjang radius 365 km (Solo) sampai dengan radius 533 km di Mojokerto ( $7,54^\circ$ LS;  $112,39^\circ$ BT) dari stasiun radio LAPAN Bandung. Sedangkan kuat sinyal frekuensi 10,200 MHz diukur dari radius 365 km hingga 624 km di Probolinggo ( $7,75^\circ$ LS;  $113,19^\circ$ BT).

Kemudian hasil simulasi dengan data tanggal 28 November 2007 dapat dilihat pada Tabel 4-2. Pengukuran kuat sinyal gelombang radio pada frekuensi 7,200 MHz hanya dilakukan pada jarak 760 km di Banyuwangi ( $8,21^\circ$ LS;  $114,37^\circ$ BT). Sedangkan pengukuran kuat sinyal gelombang radio pada frekuensi 10,200 MHz dilakukan mulai pukul 8.00 WIB sampai dengan pukul 16.00 WIB dengan posisi pengukuran sepanjang perjalanan dari radius 721 km di Situbondo ( $7,69^\circ$ LS;  $114,09^\circ$ BT) hingga pada radius 760 km di Banyuwangi ( $8,21^\circ$ LS;  $114,37^\circ$ BT), kemudian kembali ke Situbondo, hingga sekitar Probolinggo ( $7,73^\circ$ LS;  $113,12^\circ$ BT) pada posisi 616 km dari stasiun LAPAN Bandung.

Selanjutnya hasil simulasi dengan data tanggal 29 November 2007 diperlihatkan pada Tabel 4-3. Pengukuran kuat sinyal gelombang radio pada frekuensi 7,200 MHz dimulai pada pukul 8.00 dengan posisi Rx di radius 565 di Watukosek ( $7,56^\circ$ LS;  $112,63^\circ$ BT) hingga pukul 15.00 pada radius 318 km di Yogyakarta ( $7,80^\circ$ LS;  $110,34^\circ$ BT). Kemudian dilanjutkan pengukuran kuat sinyal untuk frekuensi 10,200 pada pukul 16.00, pukul 17.00, dan pukul 18.00. Posisi Rx di radius 320 km, 309 km, dan 291 km dari stasiun LAPAN Bandung.

Tabel 4-1: MOF DAN JARAK RAMBAT TERDEKAT (JRD) HASIL SIMULASI MENGGUNAKAN RUMUS (3-1) DENGAN MASUKAN  $f_oF_2$  DAN  $h'F$  HASIL PENGAMATAN IONOSONDA, DAN KUAT SINYAL GELOMBANG RADIO PADA FREKUENSI 7,2 MHz DAN 10 MHz HASIL PENGAMATAN MENGGUNAKAN PERANGKAT KOMUNIKASI RADIO BERGERAK YANG DILAKUKAN PADA TANGGAL 27 NOVEMBER 2007

UT+7	Posisi Rx (km)	$h'F$ (km)	$f_oF_2$ (MHz)	MOF (MHz)	jrd7,2 (km)	jrd10,2 (km)	KS-7,2 (dB)	KS-10,2 (dB)
9	365	343	7.39	8.37	0	653	6.5	0
10	375	331	8.44	9.70	0	449	6.5	0
11	450	338	8.89	10.68	0	380	7.5	0
12	498	364	8.09	9.80	0	559	6.5	0
13	533	364	9.85	2.21	0	196	7	0
14	543	368	9.46	1.77	0	297	-	5
15	565	371	9.10	11.44	0	376	-	5.5
16	590	355	9.10	1.83	0	359	-	5
17	624	314	9.39	3.24	0	266	-	3.5

Tabel 4-2: MOF DAN JARAK RAMBAT TERDEKAT (JRD) HASIL SIMULASI MENGGUNAKAN RUMUS (3-1) DENGAN MASUKAN  $f_oF_2$  DAN  $h'F$  HASIL PENGAMATAN IONOSONDA, DAN KUAT SINYAL GELOMBANG RADIO PADA FREKUENSI 7,2 MHz DAN 10, MHz HASIL PENGAMATAN MENGGUNAKAN PERANGKAT KOMUNIKASI RADIO BERGERAK YANG DILAKUKAN PADA TANGGAL 28 NOVEMBER 2007

UT+7	Posisi Rx (km)	$h'F$ (km)	$f_oF_2$ (MHz)	MOF (MHz)	jrd7,2 (km)	jrd10,2 (km)	KS-7,2 (dB)	KS-10,2 (dB)
8	721	323	6.01	9.01	426	886	-	0
9	760	371	6.49	9.04	356	900	-	2
10	-	371	7.31	-	0	722	-	-
11	760	406	8.04	11.01	0	634	8	5
12	761	398	9.1	12.59	0	403	-	2
13	756	359	10.61	15.41	0	0	-	5.5
14	708	358	10.44	14.68	0	0	-	2
15	649	353	10.91	14.82	0	0	-	4
16	616	353	10.39	13.79	0	0	-	4

Tabel 4-3: MOF DAN JARAK RAMBAT TERDEKAT (JRD) HASIL SIMULASI MENGGUNAKAN RUMUS (3-1) DENGAN MASUKAN  $f_oF_2$  DAN  $h'F$  HASIL PENGAMATAN IONOSONDA, DAN KUAT SINYAL GELOMBANG RADIO PADA FREKUENSI 7,2 MHz DAN 10, MHz HASIL PENGAMATAN MENGGUNAKAN PERANGKAT KOMUNIKASI RADIO BERGERAK YANG DILAKUKAN PADA TANGGAL 29 NOVEMBER 2007

UT+7	Posisi Rx (km)	$h'F$ (km)	$f_oF_2$ (MHz)	MOF (MHz)	jrd7,2 (km)	jrd10,2 (km)	KS 7,2 (dB)	KS 10,2 (dB)
8	565	344	5.44	7.04	597	1091	-	0
9	543	501	5.15	5.86	979	1713	6	0
10	475	456	6.06	6.83	585	1235	8	-
11	454	392	7.39	8.54	0	746	7	-
12	398	420	7.85	8.69	0	697	7	-
13	363	398	8.56	9.41	0	516	7	-
14	342	358	9.2	10.20	0	343	7	-
15	318	358	9.29	10.17	0	325	8	-
16	320	335	9.76	10.82	0	203	-	4.5
17	309	293	9.95	11.25	0	132	-	3.5
18	291	259	9.19	10.54	0	249	-	3.5

4.2 Pembahasan

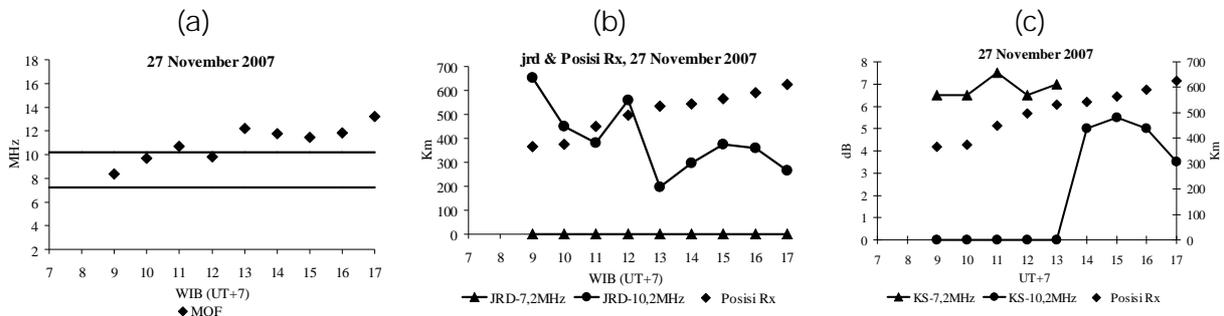
Hasil simulasi dan pengamatan seperti pada Tabel 4-1, 4-2, dan 4-3 dibuat dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 4-1, 4-2, dan 4-3.

Dari grafik pada Gambar 4-1(a) terlihat bahwa mulai pukul 9.00 WIB hingga pukul 17.00 WIB MOF lebih tinggi dari 7,200 MHz. Ini berarti pada tanggal 27 November 2007 frekuensi 7,200 MHz tidak mempunyai daerah bisu karena jarak rambat terdekatnya bernilai 0 atau lebih kecil (Gambar 4-1(b)). Hal ini diperkuat oleh data hasil pengukuran kuat sinyal pada radius 365 km di Solo hingga radius 533 km di Mojokerto seperti pada Gambar 4-1(c). Selama perjalanan Solo-Mojokerto tidak terjadi penurunan kuat sinyal pada frekuensi ini.

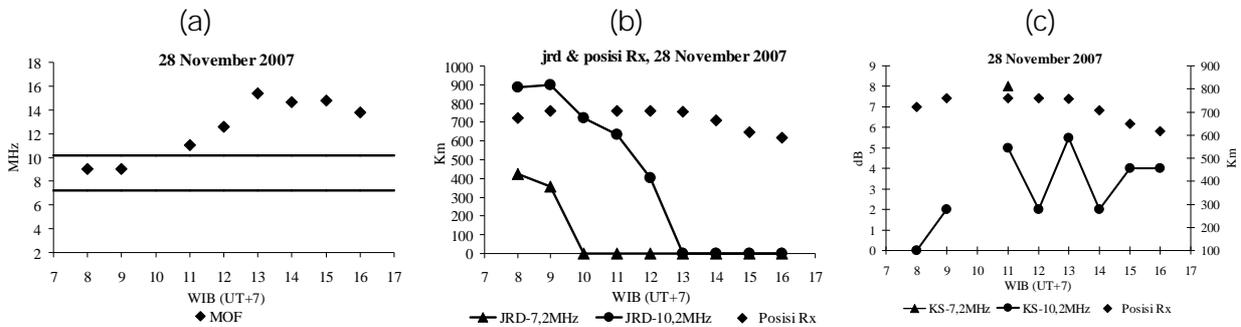
Untuk frekuensi 10,20 MHz, pada pukul 9.00 WIB hingga pukul 12.00 WIB MOF lebih rendah atau di sekitar 10,200 MHz. Kemudian dari pukul 13.00 WIB

hingga pukul 17.00 WIB MOF lebih tinggi dari 10,200 MHz. Dari grafik pada Gambar 4-1(b) terlihat sebelum pukul 13.00 WIB posisi Rx lebih rendah atau disekitar jrd. Ini berarti bahwa posisi Rx masuk dalam radius daerah bisu. Setelah pukul 13.00 WIB posisi Rx lebih jauh dari jrd sehingga Rx sudah diluar daerah bisu untuk frekuensi ini. Hal ini diperkuat oleh data kuat sinyal yang mulai naik setelah pukul 13.00 WIB (Gambar 4-1(c)).

Kemudian dari Gambar 4-2(a) terlihat bahwa pada tanggal 28 November 2007 mulai pukul 8.00 WIB hingga pukul 17.00 WIB MOF juga masih lebih tinggi dari 7,200 MHz. Ini berarti bahwa pada tanggal tersebut posisi Rx di luar dari radius daerah bisu untuk frekuensi 7,200 MHz (Gambar 4-2(b)). Hasil pengukuran kuat sinyal di Banyuwangi pada posisi Rx 760 km dari stasiun radio LAPAN Bandung memperkuat hal ini.



Gambar 4-1: Grafik hasil simulasi dan pengamatan tanggal 27 November 2007 : (a) MOF, (b) posisi radio penerima dan jarak rambat terdekat (*jrd*), dan (c) posisi radio penerima (Rx) dan kuat sinyal



Gambar 4-2: Grafik hasil simulasi dan pengamatan tanggal 28 November 2007 : (a) MOF, (b) posisi radio penerima dan jarak rambat terdekat (*jrd*), dan (c) posisi radio penerima (Rx) dan kuat sinyal

Selanjutnya, pada tanggal 28 November 2007 untuk frekuensi 10,20 MHz, pada pukul 8.00 WIB hingga pukul 9.00 WIB MOF-nya lebih rendah atau di sekitar nilai 10,200 MHz (Gambar 4-2(a)). Selang waktu berikutnya MOF lebih tinggi dari 10,200 MHz hingga pukul 17.00 WIB. Dari grafik pada Gambar 4-2(b) terlihat bahwa sebelum pukul 10.00 WIB posisi Rx berada dalam radius daerah bisu (posisi Rx < jrd). Kemudian Gambar 4-2(c) memperkuat hal ini karena pada pukul 09.00 WIB kuat sinyal mulai meningkat dan semakin tinggi pada pengukuran berikutnya hingga pukul 17.00 WIB.

Pada tanggal 29 November 2007 dari pukul 08.00 WIB hingga pukul 10.00 WIB MOF sedikit di bawah 7,200 MHz (Gambar 4-3(a)) dan posisi Rx masuk dalam radius daerah bisu karena posisi Rx lebih dekat ke stasiun radio LAPAN Bandung daripada jrd (Gambar 4-3(b)). Meskipun demikian, hasil pengukuran pada pukul 09.00 WIB menunjukkan kuat sinyal mencapai 6 dB (Gambar 4-3(c)). Hal ini kemungkinan disebabkan adanya perbedaan foF2 di titik tengah antara Tx dan Rx – yang jaraknya sekitar 250 km dari Tanjungsari dengan foF2 di Tanjungsari yang digunakan. Kemungkinan lain disebabkan terjadinya pemantulan oleh lapisan E. Pada pukul 09.00 WIB dan pukul 10.00 WIB nilai foE berturut-turut 3,69 MHz dan 3,56 MHz yang menghasilkan nilai MOF berturut-turut 9,80 MHz dan 7,74 MHz.

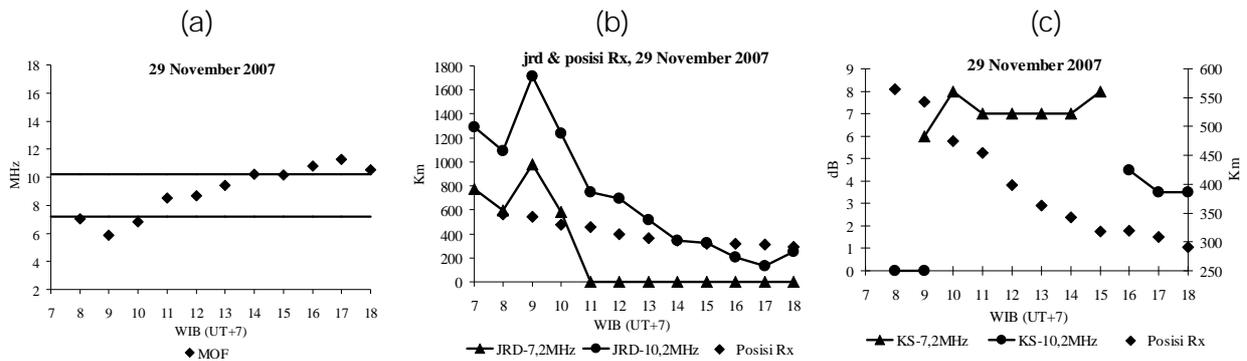
Kemudian untuk frekuensi 10,20 MHz, dari pukul 8.00 WIB hingga pukul 15.00 WIB MOF-nya lebih rendah atau di sekitar 10,200 MHz (Gambar 4-3(a)). Setelah pukul 15.00 WIB MOF-nya di atas 10,200 MHz. Dari Gambar 4-3(b) terlihat bahwa mulai pukul 08.00 WIB sampai dengan pukul 15.00 WIB posisi Rx berada di dalam daerah bisu karena jrd lebih tinggi atau sama dengan posisi Rx. Hasil pengukuran kuat sinyal menunjukkan bahwa mulai pukul 16.00

WIB Rx dapat menerima sinyal dari stasiun radio LAPAN Bandung hingga pukul 18.00 WIB.

Dari simulasi menggunakan data pengujian selama tiga hari tersebut terlihat bahwa jarak terdekat bervariasi seiring dengan variasi ketinggian dan frekuensi kritis lapisan ionosfer. Dari pagi menuju tengah hingga sore hari nilai jrd semakin rendah dan bahkan bernilai 0. Hal ini sesuai dengan hasil terdahulu (Jiyo, 2007) tentang variasi harian foF2 yang menunjukkan bahwa pada pagi hari hingga siang hari terjadi kenaikan foF2. Dari persamaan (3-1), jika terjadi kenaikan  $f_c$  maka jrd akan menurun. Dengan demikian kemungkinan adanya daerah bisu pada pagi hari lebih besar dibandingkan pada siang hari.

Frekuensi 7,200 MHz mempunyai kemungkinan lebih kecil untuk menghasilkan daerah bisu dibandingkan frekuensi 10,200 MHz. Hal ini karena pada pagi hari  $f_c$  umumnya relatif lebih rendah sehingga frekuensi 7,200 MHz lebih dekat dengan  $f_c$  daripada frekuensi 10,200 MHz. Dengan demikian jrd untuk frekuensi 7,200 MHz lebih kecil dibandingkan untuk frekuensi 10,200 MHz. Selain itu menjelang tengah hari foF2 di Indonesia lebih tinggi dari 7,200 MHz sehingga frekuensi ini tidak mempunyai daerah bisu pada siang hari.

Dalam tulisan ini hanya dibahas hasil simulasi menggunakan data pengamatan tiga hari saja. Untuk melihat variasi jrd lebih luas lagi, maka diperlukan data pengamatan untuk kondisi yang lain. Demikian pula untuk mendapatkan prediksi jrd dan daerah bisu untuk frekuensi tertentu diperlukan model ionosfer yang dapat menghasilkan informasi ketinggian dan frekuensi kritis lapisan tersebut. Contoh paket program prediksi jrd adalah program SKIPZ (Jiyo, 2006) yang memanfaatkan model ionosfer yang terdapat dalam paket program ASAPS (*Advanced Stand Alone Prediction System*).



Gambar 4-3: Grafik hasil simulasi dan pengamatan tanggal 29 November 2007 : (a) MOF, (b) posisi radio penerima dan jarak rambat terdekat (*jrd*), dan (c) posisi radio penerima (Rx) dan kuat sinyal

## 5 KESIMPULAN

Dari simulasi melalui perumusan sederhana dengan menggunakan data ketinggian dan frekuensi kritis lapisan ionosfer serta pengukuran kuat sinyal menggunakan perangkat radio stasiun bergerak pada tanggal 27-29 November 2007, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Jarak rambat terdekat bergantung kepada ketinggian dan frekuensi kritis lapisan ionosfer sehingga daerah bisu juga bergantung terhadap kedua parameter lapisan ionosfer tersebut,
- Ketinggian lapisan ionosfer dan frekuensi kritisnya bervariasi sepanjang hari sehingga radius daerah bisu juga berubah sepanjang hari. Pada pagi hari umumnya frekuensi kritis lapisan ionosfer lebih rendah daripada nilainya pada siang hari sehingga kemungkinan terjadinya daerah bisu lebih tinggi pada pagi hari,
- Peluang terjadinya daerah bisu untuk frekuensi kerja yang lebih rendah juga

lebih kecil dibandingkan frekuensi kerja yang lebih tinggi,

- Untuk memprediksi radius daerah bisu diperlukan model ionosfer.

## DAFTAR RUJUKAN

- Jiyo, 2006. *Penentuan Jarak Rambat Terdekat Gelombang Angkasa*, Prosiding Seminar Nasional Sains Antariksa III, Bandung, 15-16 November, halaman 175-183.
- Jiyo, 2007. *Variasi Lapisan F Ionosfer Indonesia dalam Sains Atmosfer dan Iklim, Sains Antariksa serta Pemanfaatannya*, Publikasi Ilmiah LAPAN:, halaman 147-153.
- McNamara, L. F., 1992. *The Ionosphere: Communications, Surveillance, and Direction Finding*, Kreiger Publishing Company, halaman 43-44.
- Silver, W., 2004. *Ham Radio for Dummies*, Wiley Publishing, Inc., halaman 326.