

AKTIVITAS MATAHARI DAN DAMPAKNYA PADA KOMUNIKASI RADIO HF

Sri Suhartini
Peneliti Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi, LAPAN

RINGKASAN

Dampak aktivitas matahari semakin terasa pada kehidupan manusia dan sistem teknologi yang ada di angkasa maupun di bumi. Salah satu dampak flare di matahari adalah gangguan pada sistem komunikasi radio HF. Dalam waktu beberapa menit, radiasi sinar X dengan intensitas tinggi yang dipancarkan dalam kejadian flare besar dapat mencapai atmosfer bumi, dan mengakibatkan peningkatan absorpsi di lapisan D ionosfer. Peningkatan absorpsi ini dapat mengakibatkan komunikasi yang menggunakan frekuensi HF rendah terputus, yang dikenal dengan istilah SWF (*Short Wave Fade-Out*). Pada kejadian flare tanggal 10 April 2001 (kelas X2.3, 3B) frekuensi minimum yang teramati di ionogram oblique dengan pemancar di Songkhla - Thailand (7.12 LU, 100.35 BT) dan penerima di Tanjungsari (6.89 LS, 107.89 BT) mencapai 18.1 MHz, atau meningkat sekitar 10 MHz dibandingkan median bulanannya. Badai ionosfer yang terjadi dua sampai empat hari setelah flare besar berakibat menurunnya frekuensi komunikasi pada sisi atas pita HF. Flare tersebut mengakibatkan penurunan frekuensi maksimum lapisan F2 (foF2) di atas Tanjungsari pada tanggal 12 April 2001 selama beberapa jam sebesar lebih dari 5 MHz dan mencapai puncaknya pada pukul 8:00 pagi sebesar 7.2 MHz atau 58% dari median bulanannya. Peningkatan absorpsi dan badai ionosfer akan menyebabkan kegagalan komunikasi karena perubahan frekuensi yang dapat digunakan untuk komunikasi.

1 PENDAHULUAN

Cuaca antariksa adalah perubahan kondisi antariksa akibat aktivitas matahari yang berdampak pada kesehatan manusia dan sistem teknologi yang ada di angkasa maupun di bumi, seperti pada astronot, sistem komunikasi baik terestrial (komunikasi radio) maupun satelit, navigasi, pembangkit listrik, sistem biologi, iklim dan sebagainya. Matahari merupakan bintang yang sangat aktif, mempunyai siklus aktivitas 11 tahunan. Aktivitas matahari diindikasikan dengan kemunculan bintik hitam (*sunspot*). Seiring dengan kemunculan sunspot, matahari juga beraktivitas dengan memancarkan radiasi dan melontarkan partikel-partikel yang berasal dari flare dan CME (*Coronal Mass Ejection*) (Ahmad N., dkk, 2008).

Ketika terjadi flare besar, kerapatan elektron di daerah D ionosfer bisa menjadi sangat tinggi, yang disebut dengan SID (*Sudden Ionospheric Disturbance*). SID meningkatkan absorpsi gelombang radio, terutama pada sisi atas pita MF (*Medium Frequency*) dan sisi bawah

HF (*High Frequency*) (Wikipedia. org, 2008). Gelombang radio HF adalah gelombang elektromagnetik yang berada pada rentang frekuensi 3 - 30 MHz. Ketika dipancarkan, gelombang radio HF akan dipantulkan oleh ionosfer kembali ke arah bumi dan kemudian menuju ke penerima, oleh karena itu keberhasilan komunikasi radio HF sangat bergantung pada kondisi ionosfer. Gelombang radio HF yang dipantulkan satu kali oleh ionosfer mengalami dua kali absorpsi ketika melalui lapisan D dalam perjalanannya dari pemancar - ionosfer - penerima. Apabila absorpsi meningkat sangat tinggi, energi gelombang radio bisa habis dan komunikasi gagal atau terputus. Dalam waktu dua sampai empat hari sesudah kejadian flare besar, awan plasma yang dilontarkan (CME) dapat mencapai bumi dan terjadi badai ionosfer. Dampak badai ionosfer terjadi pada sisi atas pita HF, berupa penurunan frekuensi yang dapat digunakan untuk komunikasi.

Makalah ini membahas dampak flare matahari di ionosfer dan komunikasi radio,

yang dalam hal ini diwakili oleh hasil pengamatan menggunakan ionosonda vertikal di atas Tanjungsari dan ionosonda oblique dengan pemancar di Songkhla-Thailand dan penerima di Tanjungsari.

2 SOLAR FLARE DAN DAMPAKNYA

Solar flare adalah ledakan besar di matahari. Flare diklasifikasikan sesuai luas dan kecerlangannya seperti yang terlihat menggunakan filter H α . Klasifikasi lainnya adalah menurut intensitas sinar X yang dipancarkan. Intensitas ini dapat diukur oleh satelit yang mengorbit di atas atmosfer bumi (yang menyerap sinar X) dan merupakan indikator terbaik tentang seberapa banyak energi yang dilepas oleh flare (Mc Namara, 1991). Flare paling sering terjadi selama periode aktivitas matahari tinggi dan mempunyai tiga efek utama di ionosfer dan komunikasi HF, masing-masing disebabkan oleh tipe pancaran atau lontaran yang berbeda, yaitu sinar x, proton, dan awan plasma.

2.1 Dampak Sinar X

Sinar X dengan intensitas tinggi yang dipancarkan matahari ketika terjadi flare besar akan mencapai bumi dalam waktu beberapa menit, menembus ke daerah D yang berada pada ketinggian kurang dari 100 km dari permukaan bumi dan menyebabkan peningkatan ionisasi di lapisan tersebut. Flare besar dapat meningkatkan kerapatan elektron di daerah D sampai 10 kali, padahal keberadaan elektron di lapisan tersebut mengakibatkan penyerapan energi (absorpsi) gelombang radio yang melaluinya. Semakin banyak elektron di lapisan D, semakin besar absorpsi yang akan dialami gelombang radio. Seringkali absorpsi ini sedemikian besarnya sehingga gelombang radio tidak dapat mencapai penerima karena kehabisan energi. Fenomena ini dikenal sebagai *shortwave fadeout* (disingkat SWF). SWF dapat berlangsung sama lamanya dengan flare yang menyebabkannya (sampai beberapa jam) dan

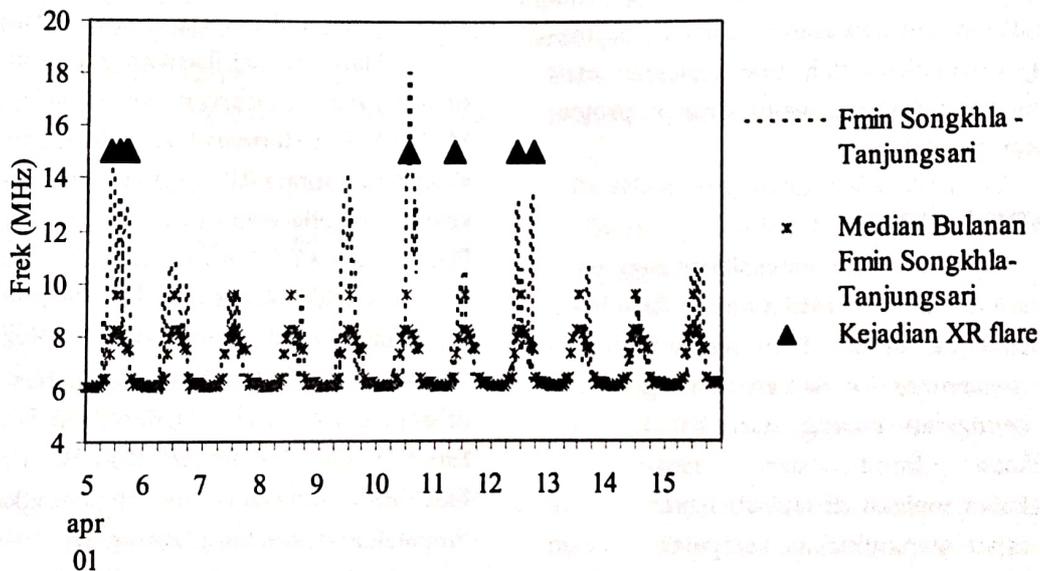
ukuran dampaknya pada propagasi HF tergantung pada ukuran flare (Cohen, N. dan Davies, K., 1994). Flare kecil hanya menimbulkan efek kecil dan hanya mengganggu sisi bawah pita HF. Absorpsi meningkat dengan menurunnya frekuensi, berarti SWF lebih merusak frekuensi rendah. Karena SWF disebabkan oleh sinar X yang selalu merambat mengikuti garis lurus, dia hanya dapat teramati pada sisi bumi yang menghadap matahari, yaitu pada bagian bumi yang sedang siang hari. SWF lebih efektif di lokasi dengan sudut zenith lebih kecil, karena akan menerima fluks (energi per satuan luas) sinar X lebih besar. Karena berdasarkan efek absorpsi, SWF lebih efektif ketika absorpsi mempunyai nilai terbesar, yaitu di lintang rendah atau ekuatorial, dan di tengah hari. Ini berarti bahwa suatu flare bisa memberikan efek kuat pada satu sirkuit, tapi hanya berdampak kecil pada sirkuit lainnya.

Flare diklasifikasikan menurut energi sinar X yang dipancarkan menjadi kelas A, B, C, M, dan X. Flare termasuk kelas M apabila energi sinar X nya antara 0.01 - 0.1 erg/cm²/detik, dan kelas X apabila energinya >0.1 erg/cm²/detik. Flare kelas X5.6 berarti energinya 5.6 x 0.1 erg/cm²/detik. Klasifikasi lain menurut hasil pengamatan optik, berdasarkan luasnya dibagi menjadi s, 1, 2, 3, dan 4, sedangkan intensitasnya, dibagi menjadi kelas F, N, dan B (singkatan dari *Faint*, *Normal*, dan *Bright*). Klasifikasi menurut luas dan intensitas ini digabungkan dan dinyatakan dalam klasifikasi optik.

Selama terjadinya SWF, bagian penting dari sirkuit adalah dimana gelombang radio melintasi lapisan D dalam perjalanannya menuju lapisan E atau F dan ketika kembali ke permukaan bumi. Kalau daerah ini mengalami peningkatan absorpsi karena flare, akan terjadi SWF, walaupun ionosfer di titik pantul tidak terganggu. Antara tanggal 5 - 15 April 2001 telah terjadi serangkaian flare, beberapa di antaranya terjadi pada siang hari. Flare dengan kelas M dan X yang terjadi pada waktu itu ditunjukkan dalam Tabel 2-1.

Tabel 2-1 : KEJADIAN FLARE TANGGAL 5 - 15 APRIL 2001. KEJADIAN FLARE YANG DICETAK TEBAL ADALAH SIANG HARI UNTUK INDONESIA BARAT

| Tanggal | Awal (UT+7) | Puncak (UT+7) | Akhir (UT+7) | kelas | Optik |
|-----------|-------------|---------------|--------------|-------|-------|
| 5-Apr-01 | 9:00 | 9:20 | 10:11 | M3.1 | |
| 5-Apr-01 | 12:10 | 12:18 | 12:27 | M1.1 | |
| 5-Apr-01 | 14:57 | 15:34 | 15:36 | M1.2 | |
| 5-Apr-01 | 15:37 | 16:22 | 16:54 | M8.4 | |
| 6-Apr-01 | 23:57 | 00:25 | 01:14 | M5.1 | 2N |
| 7-Apr-01 | 02:10 | 02:21 | 02:31 | X5.6 | |
| 9-Apr-01 | 22:20 | 22:34 | 23:00 | M7.9 | 2B |
| 10-Apr-01 | 12:06 | 12:26 | 12:42 | X2.3 | 3B |
| 11-Apr-01 | 7:24 | 7:31 | 7:35 | M1.0 | |
| 11-Apr-01 | 19:56 | 20:26 | 20:49 | M2.3 | 1F |
| 12-Apr-01 | 9:56 | 10:04 | 10:29 | M1.3 | |
| 12-Apr-01 | 16:39 | 17:28 | 17:49 | X2.0 | |
| 15-Apr-01 | 00:15 | 01:11 | 01:28 | M1.0 | SF |



Gambar 2-1: Peningkatan frekuensi minimum untuk sirkit Songkhla-Tanjungsari ketika terjadi flare besar siang hari antara tanggal 5 - 15 April 2001

Dampak peningkatan absorpsi sebagai akibat meningkatnya kerapatan elektron di lapisan D teramati berupa meningkatnya frekuensi minimum yang terekam dalam ionogram. Contohnya ditunjukkan dalam Gambar 2-1. Frekuensi minimum yang teramati pada ionogram oblique dengan pemancar di Songkhla - Thailand (7.12 LU, 100.35 BT) dan penerima di Tanjungsari (6.89 LS, 107.89 BT) meningkat sesaat setelah terjadi flare. Dari 8 kali

kejadian flare siang hari, kejadian tanggal 10 April 2001 adalah flare paling besar (kelas X2.3, 3B) dan terjadi sekitar pukul 12 siang. Dampaknya juga terlihat paling besar. Frekuensi minimum mencapai 18.1 MHz, padahal median bulanannya mempunyai nilai 8.8 MHz. Flare besar lainnya yang terjadi pada tanggal 12 April (kelas X2.0) dampaknya tidak sebesar tanggal 10 April, karena terjadinya sore hari sekitar pukul 17:00. Pada saat itu frekuensi

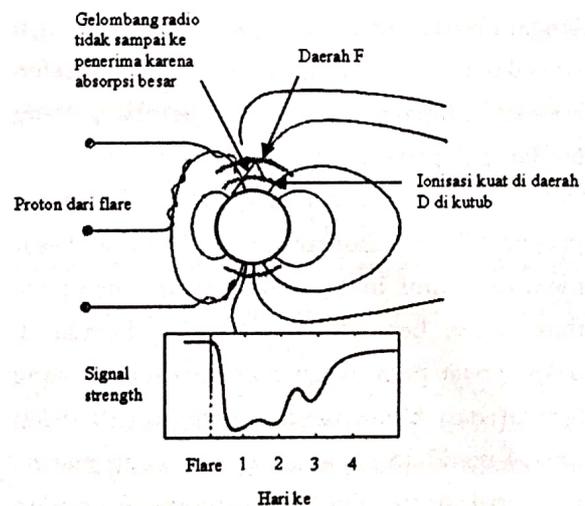
minimum mencapai 13.35 MHz, atau meningkat 5.8 MHz dari median bulanannya. Peningkatan ini menunjukkan bahwa frekuensi yang pada kondisi normal dapat digunakan untuk komunikasi, tidak bisa digunakan pada saat itu. Hal ini berarti bahwa walaupun alat berfungsi dengan baik, komunikasi radio akan gagal dan supaya berhasil harus menggunakan frekuensi yang lebih tinggi.

2.2 Efek Solar Proton

Beberapa flare berenergi tinggi juga melontarkan aliran proton yang akan mencapai bumi bila dilontarkan dalam arah yang sesuai. Proton terbentuk dari atom hidrogen terionisasi oleh proses di dalam lokasi flare. Dalam perjalanannya menuju bumi, proton dapat menimbulkan kerusakan berat pada satelit yang tidak dilindungi atau astronaut, karena kecepatan rambatnya sekitar 0.8 kali kecepatan cahaya, atau sekitar 2.5×10^8 meter/detik, sehingga kemampuan penembusannya tinggi. Penelitian pada beberapa dekade terakhir telah berhasil memprakirakan apakah suatu flare akan memancarkan aliran proton.

Aliran proton dapat sampai di bumi sekitar 10 menit sampai beberapa hari setelah awal flare, tergantung berapa besar dan di mana matahari berada. Ketika sampai di bumi, proton mengikuti garis gaya medan magnet bumi. Karena merupakan partikel bermuatan, proton tidak dapat memotong garis gaya medan magnet bumi, tetapi harus berputar mengelilinginya. Garis gaya medan magnet bumi horisontal di dekat ekuator dan vertikal di dekat kutub. Ini berarti proton yang mengarah ke ekuator bumi tidak dapat menembus langsung ke ionosfer, dan ionosfer ekuatorial terhindar dari dampak pengrusaknya. Situasi di lintang tinggi sampai kutub berbeda. Disini garis gaya medan magnet bumi hampir vertikal, dan elektron yang berputar mengelilinginya dapat menembus ke ionosfer. Ketika proton

masuk ke daerah D, dia akan menyebabkan peningkatan kerapatan elektron sangat tinggi dengan cara mengionisasi atom dari atmosfer netral melalui proses ionisasi tumbukan. Proton dengan energi dan kecepatan tinggi akan melemparkan elektron dari atom ketika terjadi tumbukan. Seperti telah diketahui, peningkatan ionisasi di daerah D akan meningkatkan absorpsi. Dalam hal ionisasi oleh solar proton, absorpsi sangat kuat tetapi hanya terjadi di daerah kutub atau sampai sekitar 20° dari kutub. Kejadian ini diketahui sebagai PCA atau *polar cap absorption*, kadang-kadang disebut *polar black out*, dan diilustrasikan dalam Gambar 2-2. Efek PCA dapat berlangsung beberapa hari, tergantung ukuran flare, dan biasanya memutus total komunikasi HF di dalam dan yang menuju daerah kutub. PCA juga akan mengganggu komunikasi pada sirkit yang mempunyai titik pantul berada di daerah kutub. Pada sirkit ini, komunikasi bisa dilakukan dengan menggunakan stasiun relay dan sirkit yang melompati daerah yang terganggu.



Gambar 2-2 : Polar cap absorption disebabkan oleh masuknya proton berenergi tinggi dari flare ke daerah kutub, menyebabkan peningkatan kerapatan elektron di daerah D. Peningkatan ini mengakibatkan peningkatan absorpsi sehingga gelombang radio tidak sampai ke penerima. (Mc Namara 1991)

Untuk sirkit yang berada di daerah kutub, satu-satunya pilihan bagi komunikator HF adalah menunggu sampai badai proton berlalu dan daerah D kembali normal. Ini bisa berlangsung sampai satu minggu atau lebih untuk flare yang besar. Kalau kelangsungan komunikasi sangat penting, harus diputuskan untuk menggunakan sarana komunikasi lainnya, misalnya komunikasi satelit. Frekuensi sangat tinggi (VHF) yang digunakan dalam komunikasi satelit jauh lebih kecil terkena dampak absorpsi dari PCA dibandingkan frekuensi dalam pita HF.

2.3 Efek Awan Plasma-Badai Ionosfer

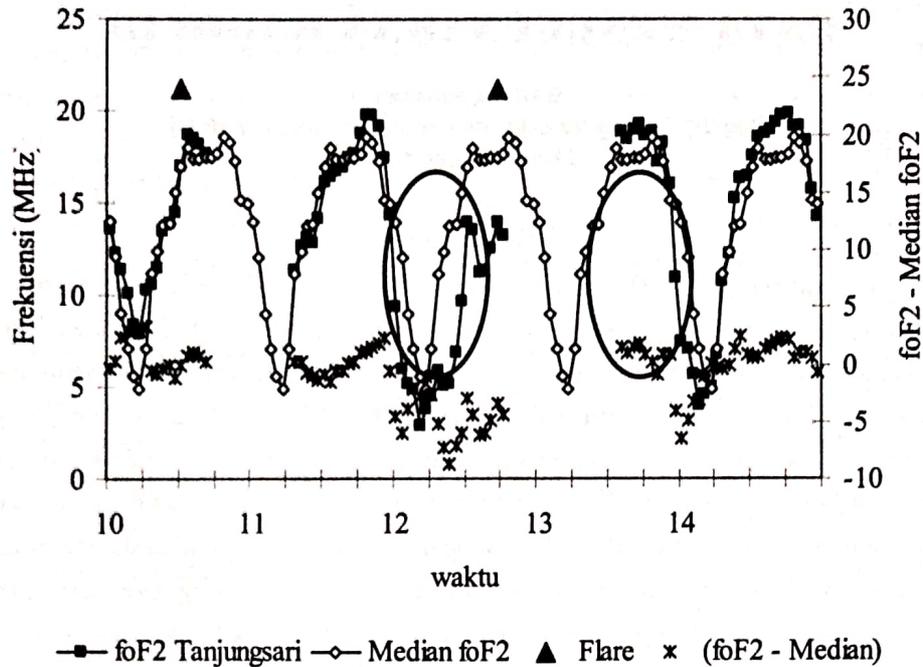
Efek ketiga dari flare matahari besar pada ionosfer dan komunikasi HF, yang dalam banyak kasus lebih besar dibandingkan SWF dan PCA adalah badai ionosfer. Badai ionosfer analog dengan badai atmosfer yang membawa hujan dan angin, dan istilah ini digunakan untuk menggambarkan kondisi ionosfer ketika sesuatu yang tidak biasa terjadi. Dalam kasus badai ionosfer, ionosfer berubah, suatu saat sangat besar, terutama pada foF2. Sebagai konsekuensi langsung dari badai ionosfer, kondisi propagasi HF juga berubah, yang berdampak pada komunikasi HF.

Badai ionosfer terjadi ketika awan plasma yang dilontarkan dari flare besar mencapai bumi. Ini biasanya terjadi hanya pada flare besar, berenergi tinggi yang berada di dekat pusat permukaan matahari seperti yang terlihat dari bumi, dengan kata lain di dekat sentral meridian matahari. Ketika awan plasma mencapai bumi, dia akan mengubah medan listrik di tempat ionosfer berada, dan juga merubah proses kimia dan pergerakan skala besar dari daerah F2. Hasil dari semua perubahan ini adalah frekuensi kritis (kerapatan elektron) lapisan F2 dapat meningkat atau menurun. Apakah frekuensi kritis akan naik atau turun di suatu lokasi tergantung pada

beberapa hal seperti waktu ketika awan plasma mencapai bumi, waktu lokal, musim dan lintang tempat tersebut, dan berapa lama badai berlangsung. Badai ionosfer normalnya terjadi sekitar dua sampai empat hari setelah flare yang menyebabkannya. Ini berarti bahwa ada kesempatan untuk memberikan peringatan bahwa akan terjadi badai. Dampak positif berupa peningkatan frekuensi kritis biasanya tidak diketahui oleh komunikator karena tidak mengganggu komunikasinya. Penurunan frekuensi kritis lebih penting bagi komunikator HF karena dapat menurunkan MUF untuk sirkitnya sampai di bawah frekuensi kerjanya.

Selama badai ionosfer besar, frekuensi kritis lapisan F2 dapat turun sampai setengahnya (dampak negatif), menyebabkan penurunan yang sebanding untuk MUF pada sirkit yang melalui daerah yang terganggu. Secara umum, daerah D, E, dan F1 tidak terpengaruh oleh badai ionosfer. Ketika lapisan F2 sangat kekurangan elektron selama badai besar, frekuensi kritis lapisan F2 dapat turun sampai di bawah lapisan F1, dan lapisan F2 tidak teramati dari bawah. Ionosfer dikatakan dalam kondisi G, dan frekuensi tertinggi yang merambat didukung oleh lapisan F1, bukan oleh F2 seperti biasanya.

Dampak badai ionosfer pada lapisan F2 dapat dilihat pada Gambar 2-3 berupa penurunan frekuensi kritis lapisan F2 (foF2) pada hasil pengamatan ionosfer di atas Tanjungsari sejak dini hari sampai sore tanggal 12 April 2001. Kejadian ini adalah dampak flare besar pada tanggal 10 April 2001. Penurunan foF2 pada tanggal 12 April 2001 selama beberapa jam lebih dari 5 MHz dan mencapai puncaknya pada pukul 8:00 pagi sebesar 7.2 MHz atau 58% dari nilai median bulannya. Flare besar lainnya pada tanggal 12 April juga mengakibatkan turunnya foF2 pada malam hari tanggal 13 April 2001, namun tidak sebesar penurunan pada tanggal 12 April.



Gambar 2.3 : Penurunan foF2 pada tanggal 12 dan 14 April 2001 akibat flare besar tanggal 10 dan 12 April 2001

3 PENUTUP

Perubahan kondisi antariksa yang disebabkan oleh terjadinya flare di matahari dapat menimbulkan gangguan pada sistem komunikasi radio HF, baik sesaat setelah maupun beberapa hari sesudahnya. Komunikasi dapat terputus selama beberapa jam karena besarnya absorpsi yang dialami gelombang radio atau karena lapisan F2 tidak dapat memantulkan frekuensi yang digunakan. Peningkatan absorpsi menyebabkan pengguna frekuensi pada sisi bawah pita HF harus menaikkan frekuensi kerjanya sedangkan penurunan frekuensi kritis lapisan F2 mengharuskan operator pengguna frekuensi tinggi untuk menggunakan frekuensi yang lebih rendah. Gangguan yang terjadi sesaat setelah flare tentu sulit untuk dihindari, namun

dampak yang terjadi beberapa hari setelah flare masih mungkin untuk diinformasikan kepada pengguna komunikasi radio.

DAFTAR RUJUKAN

- , Sudden_ionospheric_disturbance, 2008, <http://en.wikipedia.org/>.
- Ahmad Nizam, dkk, 2008. *Cuaca Antariksa, Pengaruhnya Terhadap Sistem Teknologi di Antariksa dan Bumi*, Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa LAPAN Bandung.
- Cohen, Norm dan Davies, Kenneth, 1994, *Radio wave propagation*, <http://www.swpc.noaa.gov/Education/>.
- Mc Namara, L, 1991. *The Ionosphere : Communications, Surveillance, and Direction Finding*, Krieger Publishing Company, Malabar, Florida. ISBN 0-89464-040-2.