

Majalah **LAPAN**

NO. : 17 TAHUN KE – V BULAN MEI, JUNI, JULI 1980

★ EDITORIAL

★ KOMUNIKASI RADIO LEWAT ATMOSFIR

Oleh: Soegeng

★ ANALISA FLARE DARI HASIL PENGAMATAN OPTIS

Oleh: Maspul Aini

★ SISTEM AKUISISI DATA DAN PEMAKAIAN DALAM

Oleh: Ir. Sahat Pak pahan

★ TEKNOLOGI SERAT OPTIK

Oleh: Drs. Sanusi Tanoemihardja, MSc.

★ BEBERAPA CARA MENGUBAH-UBAH GAYA DORONG MOTOR ROKET

Oleh: Drs. Sarmidi

★ PEMBUATAN PROPELAN KOMPOSIT AMONIUM PERKLOLAT POLISULFIDA

Oleh: Drs. Agus Nuryanto

★ PEMANFAATAN TEKNOLOGI TELEDETEKSI SATELIT UNTUK MEMONITOR
AKTIVITAS BENCANA ALAM

Oleh: Mulyadi, S.F.

★ MENGENAL METODA PENYIMPANAN ENERGI PADA SISTIM "GENERATOR
ENERGI ANGIN (GEA)"

Oleh: Drs. Atwirman Syarkawi.



DITERBITKAN OLEH :

LEMBAGA PENERBANGAN DAN ANTARIKSA NASIONAL

JL. PEMUDA PERSIL No. 1

JAKARTA TIMUR

KOMUNIKASI RADIO LEWAT ATMOSFIR

SOE G E N G**

ABSTRACT

This paper deals with the process of information transmittance after leaving the transmitter and received by the receiver. As the information is in the form of "voice", it necessarily is "raised" to radio wave which has farther scope distance.

1. RINGKASAN

Dalam tulisan ini akan dibahas proses penjalaran informasi setelah meninggalkan pesawat pemancar untuk kemudian ditangkap oleh pesawat penerima. Karena informasi adalah berupa suara, maka perlu "dinaikkan" pada gelombang radio yang mempunyai jarak jangkauan yang lebih jauh.

PENDAHULUAN

Pada masa kini kita mengenal beberapa macam cara dan sarana untuk berkomunikasi, salah satu diantaranya dan yang termasuk telah lama dikenal orang adalah menggunakan radio. Bahkan komunikasi dengan radio ini masih sangat populer tidak saja di negara-negara berkembang tetapi juga bahkan di negara-negara maju disebabkan karena membutuhkan peralatan yang relatif sederhana dan pembiayaan yang juga relatif rendah. Di Australia misalnya, ada sekolah yang memanfaatkan jasa radio ini sehingga dapat diikuti oleh keluarga yang tinggal

di pelosok jauh dari kota. Komunikasi dengan radio juga dipakai oleh kesatuan militer yang berada di lapangan untuk berhubungan dengan induk pasukannya yang berada di lain tempat. Para amatir radio juga menggunakan radio dalam berkomunikasi dengan rekannya di negara lain untuk tukar-menukar informasi.

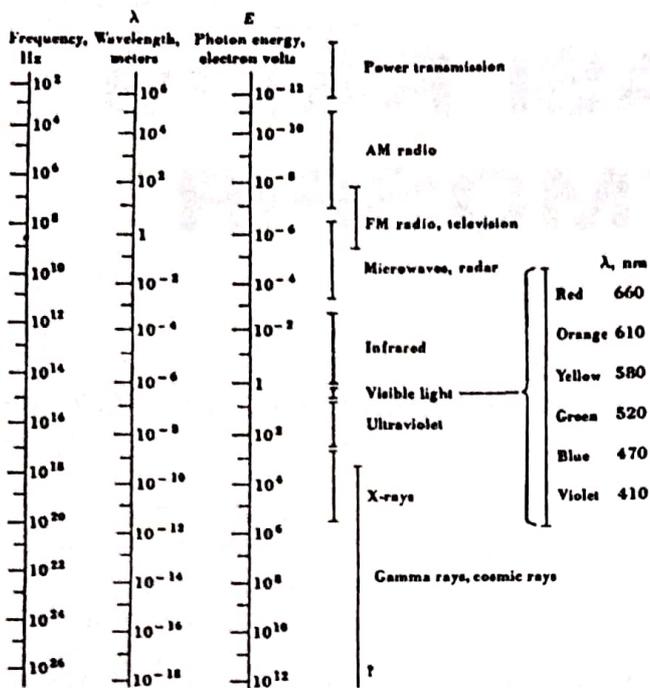
Di sini tidak akan dibahas proses yang terjadi di dalam pesawat pemancar maupun pesawat penerima. Fokus pembahasan yang berikut ini adalah proses penjalaran informasi tersebut setelah meninggalkan pesawat pemancar untuk kemudian ditangkap oleh pesawat penerima. Karena informasi tadi berupa suara, tentu saja dalam bentuk aslinya tidak akan dapat mencapai jarak yang jauh. Untuk mengatasi masalah ini maka informasi tersebut perlu "dinaikkan" pada gelombang radio yang mempunyai jarak jangkauan lebih jauh. Gelombang radio inilah yang selanjutnya menjadi obyek pembahasan.

2. GELOMBANG RADIO

Seperti halnya dengan cahaya, sinar-X dan sinar gamma, gelombang radio termasuk keluarga gelombang elektromagnetik (Gb.2.1). Karena gelombang radio ini mempunyai spektrum yang cukup lebar maka diadakan pembagian daerah seperti pada Daftar 1. Di samping itu juga dibedakan antara gelombang radio yang terarah penjalarnya dengan gelombang radio yang tidak terarah penjalarnya. Jenis yang ke dua ini mempunyai pemakaian

* Majalah LAPAN No. 17 Tahun ke V/1980

** Departemen Fisika ITB—Pusrihan LAPAN.



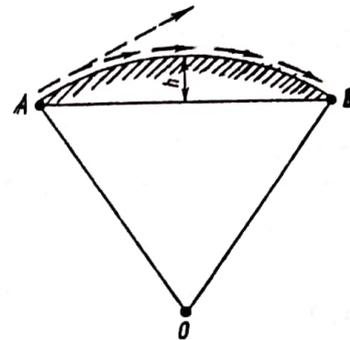
Gambar 2.1 Spektrum gelombang elektromagnetik.

lebih luas dari pada yang pertama terutama dalam bidang sains dan teknologi, antara lain dalam telegrafi, televisi, pengiriman gambar, radar, telekontrol, navigasi radio, pengukuran jarak, geofisika, penelitian atmosfer atas dan radio astronomi.

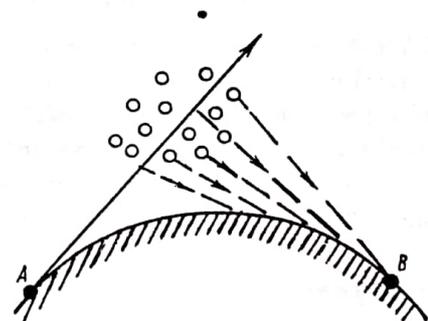
Pembagian gelombang radio dapat juga dilakukan berdasarkan lintasannya. Pertama adalah gelombang radio yang menjalar dekat dengan permukaan bumi disebut *gelombang permukaan*.

Bila jarak antara pesawat pemancar dengan pesawat penerima berdekatan maka semua gelombang radio akan menjalar dekat dengan permukaan bumi (Gambar 2.2) Tetapi bila jaraknya berjauhan, kira-kira lebih dari 150 km, maka tidak semua gelombang radio menjadi gelombang permukaan; hanyalah gelombang radio dengan frekuensi kurang dari 3 MHz saja yang dapat terus menjalar sepanjang permukaan bumi. Meskipun demikian jarak pancaran maksimum biasanya tidak lebih jauh dari 3000 km. Faktor utama yang mempengaruhi penalaran gelombang ini adalah sifat-sifat tanah sepanjang lintasannya.

Ke dua adalah *gelombang troposfir*, yaitu gelombang yang menjalar ke atas dan dihamburkan oleh iregularitas yang terjadi di troposfir (Gambar 2.3). Iregularitas terjadi misalnya karena pengaruh cuaca. Yang dapat menjadi gelombang troposfir adalah gelombang radio dengan frekuensi lebih besar dari 30 MHz dan jarak pancarannya dapat mencapai sekitar 1000 km.



Gambar 2.2. Lintasan gelombang radio di dekat pemancar (A) dan lintasan gelombang permukaan yang ditangkap oleh penerima di B.

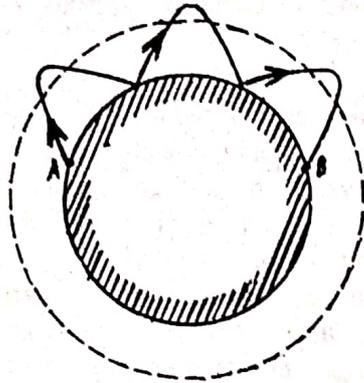


Gambar 2.3 Gelombang radio yang dipancarkan di A dihamburkan oleh troposfir sehingga dapat diterima di B.

Ke tiga adalah *gelombang ionosfir*, yaitu gelombang radio yang menjalar ke atas dan setelah mengalami pembiasan berkali-kali di ionosfir akhirnya kembali lagi ke bumi (Gambar 2.4). Termasuk ke dalam golongan ini adalah gelombang radio dengan frekuensi antara 3 hingga 30 MHz. Setelah mengalami satu kali pemantulan oleh ionosfir jarak pancaran gelombang ini dapat mencapai 3000 km. Bila

kondisi memungkinkan ada kalanya gelombang ini mengalami pantulan ganda baik di ionosfir maupun di bumi sehingga kadang-kadang dapat mengitari bumi sampai dua kali, sebelum hilang karena intensitasnya sudah sangat lemah.

Dalam pembahasan yang berikut akan dibatasi pada persoalan-persoalan yang berkaitan dengan gelombang ionosfir ini, khususnya karakteristik dari ionosfirnya sendiri.



Gambar 2.4 Lintasan gelombang radio yang mengalami pantulan ganda di ionosfir dan permukaan bumi. A adalah pemancar dan B adalah penerima.

DAFTAR 1. Spektrum gelombang radio.

Frekuensi	Panjang gelombang	Diskripsi	Istilah internasional
3 mHz — 3 kHz	10^{11} — 10^5 m	Sub audio dan audio radio waves	Extra low frequencies (ELF)
3 — 30 kHz	10^5 — 10^4 m	Very long waves (VLW)	Very low frequencies (VLF)
30 — 300 kHz	10^4 — 10^3 m	Long waves (LW)	Low frequencies (LF)
300 — 3000 kHz	10^3 — 10^2 m	Medium waves (MW)	Medium frequencies (MF)
3 — 30 kHz	10^2 — 10 m	Short waves (SW)	High frequencies (HF)
30 — 300 kHz	10 — 1 cm	Metric waves	Very high frequencies (VHF)
300 — 3000 kHz	1 m — 10 m	Decimetric waves	Ultra high frequencies (UHF)
3 — 30 kHz	10 — 1 cm	Centimetric waves	Super high frequencies (SHF)
30 — 300 kHz	1 cm — 1 mm	Milimetric waves	Extremely high frequencies (EHF)

Catatan : 1 milihertz (mHz) = 10^3 hertz
 1 kilohertz (kHz) = 10^3 hertz
 1 megahertz (MHz) = 10^6 hertz
 1 gigahertz (GHz) = 10^9 hertz

3. IONOSFIR

Bahwa pada suatu ketinggian di atmosfer bumi terdapat suatu daerah yang bersifat konduktor, telah diramalkan oleh C.F. Gauss pada tahun 1839 berdasarkan adanya variasi harian medan magnet bumi. Pada tahun 1860 Lord Kelvin meramalkan hal yang sama berdasarkan fenomena listrik atmosfer.

Tahun 1901 G. Marconi berhasil memancarkan sinyal radio melintasi lautan Atlantik. Keberhasilan Marconi tersebut satu tahun kemudian dapat diterangkan oleh A.E. Kennelly dan O. Heaviside, yaitu bahwa gelombang radio tadi dalam penjalarnya telah dipantulkan oleh daerah yang bersifat konduktor di atmosfer. Tahun 1903 J.E. Taylor dan tahun 1906 J.A. Fleming mengemukakan bahwa daerah tersebut terjadi karena radiasi ultraviolet yang berasal dari matahari.

Percobaan-percobaan dari Appleton dan Barnett pada tahun 1925 serta Breit dan Tuve pada tahun 1925 dan 1926 merupakan penunjang yang memperkuat teori tentang adanya daerah yang bersifat konduktor itu. Percobaan-percobaan tersebut selanjutnya diikuti oleh teori-teori yang berusaha menerangkan kenyataan tadi, antara lain oleh Hulbert pada tahun 1928 dan Chapman pada tahun 1931. Dapatlah dikatakan bahwa ke dua orang tersebut merupakan peletak dasar teori-teori yang sampai saat ini masih terus berkembang.

Semula daerah ini disebut *lapisan Kennelly-Heaviside* untuk memperingati orang-orang pertama yang telah berhasil menerangkan hasil percobaan Marconi. Tetapi kemudian lebih dikenal dengan nama *ionosfir* atas usul R.A. Watson-Watt dalam suratnya kepada United Kingdom Radio Research Board pada tanggal 8 November 1926. Disebut ionosfir karena dalam daerah tersebut terdapat ion-ion dan elektron-elektron bebas sebagai hasil ionisasi molekul-molekul udara oleh radiasi dari matahari dengan panjang gelombang kurang dari 1026 Å, di mana terdapat sinar ultraviolet (lebih tepat bila disebut extreme ultraviolet dan disingkat EUV) dan sinar-X; secara singkat disebut radiasi XUV.

Kemudian diketahui pula bahwa ionisasi tidak saja disebabkan oleh radiasi dari matahari, tetapi juga oleh meteor-meteor. Di samping itu ion-ion dan elektron-elektron juga dapat berasal dari matahari yang disebarkan pada waktu terjadi ledakan. Tetapi semuanya itu dalam jumlah yang relatif kecil sehingga hanya menyebabkan gangguan terhadap konsentrasi partikel-partikel ionosfir.

Interaksi antara radiasi XUV dengan partikel-partikel atmosfer adalah suatu proses yang majemuk, yang melibatkan proses fisika dan proses kimia. Secara garis besar interaksi tersebut dapat dibagi menjadi tiga, yaitu: (1) Radiasi dengan energi tinggi menyebabkan atom-atom dan molekul-molekul terionisasi. (2) Radiasi dengan energi menengah menyebabkan molekul-molekul berdisosiasi dan bereksitasi ke tingkat energi elektronik dan vibrasi yang lebih tinggi. (3) Radiasi dengan energi rendah menyebabkan molekul-molekul bereksitasi ke tingkat energi rotasi yang lebih tinggi dan melepaskan elektron-elektron dari ion-ion negatif.

Faktor utama yang mempengaruhi interaksi di atas adalah intensitas radiasi XUV, yang sangat bergantung pada aktivitas serta sudut zenith matahari. Di samping itu juga komposisi serta konsentrasi partikel-partikel atmosfer ikut mempengaruhi proses interaksi. Karena semakin jauh di atas permukaan bumi konsentrasi partikel-partikel atmosfer semakin kecil sedangkan semakin dekat dengan permukaan bumi intensitas radiasi semakin kecil maka pada suatu ketinggian, biasanya sekitar 400 km, konsentrasi ion-ion dan elektron-elektron menjadi maksimum (Gambar 3.1).

Daerah ionosfir di bawah ketinggian tersebut sampai kira-kira 60 km di atas permukaan bumi dinamakan *ionosfir bagian bawah*; di atasnya, sampai kira-kira 1000 km dari permukaan bumi dinamakan *ionosfir bagian atas*.

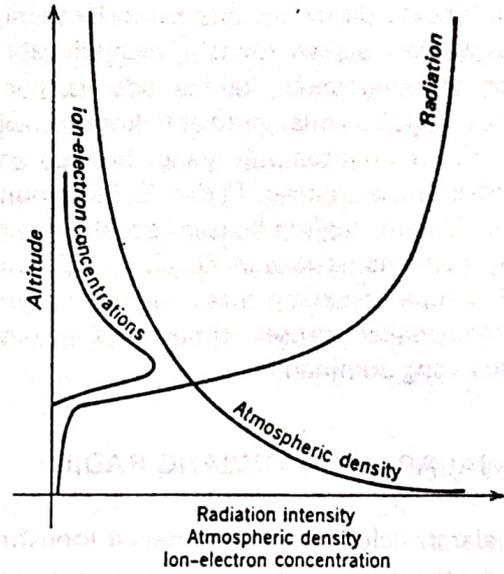
Di atas telah dikatakan bahwa Chapman adalah salah seorang peletak dasar teori tentang ionosfir. Ia mencoba menerangkan pembentukan daerah ionosfir seperti di atas dengan menganggap bahwa: (1) hanya ada satu macam partikel di atmosfer, (2) radiasi XUV bersifat monokromatis, dan (3) atmosfer yang

isotermis. Meskipun anggapan-anggapan tersebut sangat jauh dari kenyataan, secara garis besar masih dapat diterima dan cukup sesuai untuk menerangkan persoalan penjalaran gelombang radio. Oleh karenanya teori Chapman sampai sekarang masih banyak dipakai, dan ionosfir yang diturunkan dari teori Chapman disebut "Lapisan Chapman".

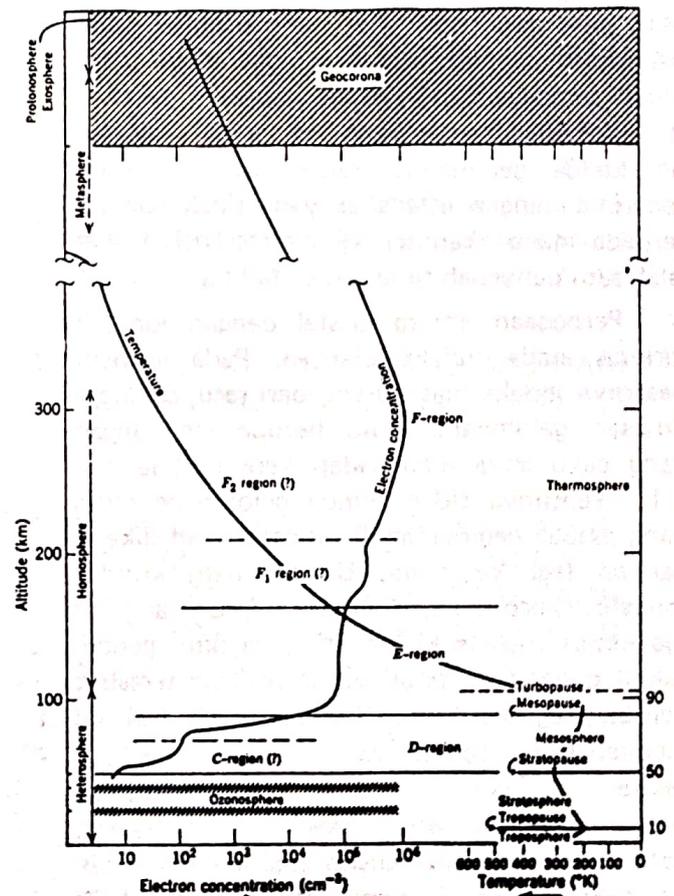
Sebagai kelanjutan dari teori Chapman, dengan bertambah sempurnanya sarana untuk meneliti ionosfir didapatkan bahwa dalam lapisan Chapman dapat dibedakan lapisan-lapisan yang pengaruhnya berbeda terhadap gelombang radio. *Lapisan D* adalah yang paling bawah, antara 60 km hingga 90 km di atas bumi, dan hanya ada di waktu siang hari. Lapisan ini bersifat menyerap gelombang radio sehingga mengganggu komunikasi. Di atas lapisan D terdapat *lapisan E* yang menghampati daerah antara 100 km hingga 140 km di atas bumi. Seperti halnya dengan lapisan dibawahnya, lapisan E juga menyerap gelombang radio tetapi tidak sehebat lapisan D. Pada lapisan ini sering terjadi anomali konsentrasi elektron yang disebut *E sporadis*, dan timbulnya tidak menentu. Paling atas adalah *lapisan F*; di siang hari dibedakan antara *lapisan F₁* yang terletak antara 180 km hingga 240 km di atas bumi, dan *lapisan F₂* yang terletak antara 230 km hingga 400 km di atas bumi. Di waktu malam hari ke dua lapisan ini bergabung menjadi satu sehingga cukup disebut lapisan F saja. Lapisan ini sangat penting bagi komunikasi karena gelombang radio dipantulkan di sini.

Kecuali ke tiga lapisan tadi ada sekelompok ilmuwan yang menambahkan sebuah lapisan lagi di bawah lapisan D, dan disebutnya *lapisan C*. Lapisan ini terjadi karena radiasi sinar kosmis. Kebetulan sekali bahwa huruf C dalam abjad terletak sebelum huruf D sehingga nama-nama lapisan ionosfir menjadi berurutan. Tetapi maksud sebenarnya diberi nama demikian karena mengambil huruf pertama dari "cosmic". Gambar 3.2 menunjukkan diagram pembagian atmosfer menjadi lapisan-lapisan seperti tersebut di atas.

Penelitian mutakhir dengan menggunakan roket membawa kepada kesimpulan bahwa lapisan-lapisan seperti yang pernah dikemuka-



Gambar 3.1. Diagram pembentukan ionosfir

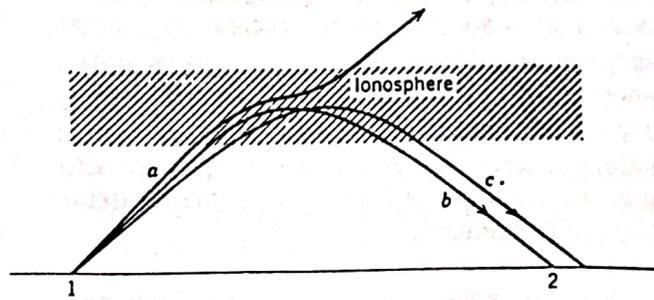


kan sebenarnya tidak ada, yang ada hanyalah sebuah "daerah" saja, yaitu ionosfir. Semua tempat di ionosfir dapat membiaskan gelombang radio. Pembagian daerah ionosfir menjadi lapisan-lapisan dimungkinkan karena adanya perbedaan menyolok pada gradient konsentrasi elektron di tempat-tempat yang bertepatan dengan letak lapisan-lapisan D dan E. Meskipun pembagian dalam lapisan-lapisan sudah tidak tepat lagi, nama-nama *daerah D*, *daerah E* dan *daerah F* sampai sekarang masih dipergunakan untuk membedakan proses kimia atau proses fisika mana yang dominan.

4. PENJALARAN GELOMBANG RADIO

Penjalaran gelombang radio dalam ionosfir dapat disamakan dengan penjalaran cahaya dalam kristal bias kembar. Pengaruh medan maknet bumi menyebabkan gelombang radio di dalam ionosfir terpecah menjadi gelombang ordiner dan gelombang ekstra-ordiner. Karena gelombang ekstra ordiner menempuh jarak yang lebih jauh dari pada gelombang ordiner maka intensitasnya pada suatu tempat akan lebih lemah sehingga yang tertang kap oleh pesawat penerima adalah gelombang ordiner. Bila kebetulan kedua gelombang datang pada pesawat penerima dengan intensitas yang tidak banyak berbeda maka akan terjadi interferensi. Itulah salah satu penyebab terjadinya "fading".

Perbedaan antara kristal dengan ionosfir terletak pada indeks biasnya. Pada ionosfir besarnya indeks bias kurang dari satu, sehingga lintasan gelombang radio berupa lengkungan yang cekungnya menghadap kebumi (Gambar 4.1). Tentunya tidak semua gelombang radio yang akibat pembiasan di ionosfir akan dikembalikan lagi ke bumi. Untuk suatu kondisi ionosfir, kecondongan lintasan gelombang radio ketika memasuki ionosfir juga ikut menentukan dapat atau tidaknya gelombang tersebut kembali lagi ke bumi (Gambar 4.1). Hal ini menyebabkan terjadinya "zone of silence" di sekitar pemancar pada radius tertentu. Artinya dengan daerah tersebut tidak dapat dilakukan komunikasi dari pemancar tadi karena tidak ada gelombang radio yang datang ke situ, baik gelombang permukaan maupun gelombang ionosfir.



Gambar 4.1 Lintasan gelombang radio di ionosfir. (a) Gelombang yang tidak kembali ke bumi, (b) dan (c) telombang yang kembali ke bumi.

Dari sebab itu untuk komunikasi dengan gelombang radio perlu diperhatikan dua hal yang berikut: (1) frekuensi yang dipakai hendaknya lebih kecil dari pada frekuensi maksimum yang diperbolehkan (istilahnya MUF, singkatan dari most usable frequency), (2) daya dari pemancar hendaknya cukup kuat untuk mengatasi penyerapan oleh daerah-daerah D dan E. Dibandingkan dengan syarat ke dua, syarat pertama lebih kritis karena bila tidak dipenuhi gelombang radio akan menembus ionosfir sehingga tidak ada komunikasi.

Harga MUF dapat ditentukan dengan jalan melakukan pengamatan yang terus menerus pada konsentrasi elektron di ionosfir. Dengan di dapatnya harga MUF tersebut kita dapat mengharapkan bahwa komunikasi akan berlangsung dengan baik. Bahkan bila data tentang konsentrasi elektron telah cukup banyak maka kita dapat meramal untuk beberapa bulan ke depan, biasanya tiga bulan. Meskipun demikian ada hal-hal yang tidak dapat diduga sebelumnya, yaitu terjadinya gangguan komunikasi karena adanya gangguan pada konsentrasi elektron atau medan maknet bumi. Ke dua peristiwa itu terjadi karena adanya ledakan di matahari yang menyebabkan intensitas radiasi XUV bertambah serta dipancarkannya partikel-partikel bermuatan listrik. Perubahan intensitas radiasi XUV menyebabkan perubahan konsentrasi elektron di ionosfir bumi yang kebetu-

lan menghadap ke matahari. Gangguan ini sifatnya spontan dan disebut "sudden ionospheric disturbance" disingkat SID. Partikel-partikel bermuatan yang berasal dari matahari mencapai atmosfer bumi beberapa saat kemudian, tergantung pada kecepatannya. Bahkan ada yang baru mencapai atmosfer bumi 40 jam setelah ledakan berlangsung. Oleh medan magnet bumi partikel-partikel bermuatan tadi dibelokkan menuju ke kutub-kutub magnetik bumi sehingga yang paling menderita adalah daerah-daerah disekitar ke dua kutub, sampai kira-kira lintang $67,5^\circ$. Gangguan pada konsentrasi elektron dapat juga terjadi karena peristiwa yang terjadi di bumi, antara lain gempa bumi dan badai.

Interaksinya dengan ionosfir melalui gelombang akustik yang menjalar melalui atmosfer. Beigu pula ledakan bom atom juga dapat menimbulkan gangguan seperti halnya dengan gempa bumi.

PENGUKURAN PARAMETER-PARAMETER IONOSFIR

Sebagai penutup dari tulisan ini kiranya ada baiknya bila kita tinjau juga usaha para ilmuwan untuk mengukur parameter-parameter ionosfir. Metoda pengukurannya dapat dibagi menjadi tiga, yaitu : (1) pengukuran dari bumi dengan menggunakan gelombang radio, (2) pengukuran dengan menggunakan gelombang radio yang menjalar antara station di bumi dengan roket atau satelit yang berada di atas daerah ionosfir, dan (3) pengukuran di tempat dengan menggunakan roket dan satelit.

Cara pengukuran yang paling tua tetapi sampai sekarang masih digunakan karena besarnya yang relatif murah, adalah yang disebut *vertical sounding* dengan alatnya *ionosonde*. Pengukuran ini termasuk dalam metoda pertama. Ada dua macam *vertical sounding*, yaitu yang menggunakan ionosonde dengan frekuensi tetap dan yang menggunakan ionosonde dengan frekuensi berubah. Dasarnya adalah, dari sebuah pemancar yang mempunyai arah pancaran vertikal ke atas dipancarkan gelombang radio yang setelah mengalami pemantulan di daerah ionosfir gelombang radio tersebut ditangkap kembali oleh sebuah pesawat penerima yang terletak berdampingan dengan pemancar tadi. Yang

dicatat adalah selang waktu dari saat pemancaran hingga ditangkapnya kembali setelah melalui ionosfir.

Dari hasil sounding yang menggunakan ionosonde dengan frekuensi berubah dapat langsung diketahui tinggi semu masing-masing daerah beserta frekuensi kritiknya, yaitu frekuensi tertinggi dari gelombang-ordiner yang masih dapat dipantulkan oleh suatu daerah. Selain itu juga dapat langsung dibaca faktor MUF untuk pemancaran 3000 km. Faktor MUF adalah suatu bilangan pengali agar didapat MUF untuk pemancaran yang jauhnya 3000 km tadi.

Di Indonesia juga ada ionosonde dengan frekuensi yang berubah. Pada saat ini yang aktif bekerja adalah milik Pusat Meteorologi dan Geofisika yang berada di Tangerang.

DAFTAR PUSTAKA:

1. M. Dolukhanov, "PROPAGATION OF RADIO WAVES", Mr Publishers, 1971.
2. Soegeng, Hariadi P. Soepangkat, "PARAMETER-PARAMETER IONOSFIR DAN HUBUNGANNYA DENGAN AKTIVITAS MATAHARI", Simposium Fisika VIII 1980.
3. Soegeng, "STRUKTUR THERMIS DARI PADA IONOSFIR", Simposium Fisika V, 1976.
4. Soegeng, Hariadi P. Soepangkat, "KORELASI ANTARA SUDUT ZENITH MATAHARI DENGAN PARAMETER-PARAMETER IONOSFIR DI ATAS TANGGERANG", sedang dalam penyelesaian.
5. Soegeng, "IONOSFIR BUMI DALAM KAITANNYA DENGAN AKTIVITAS MATAHARI", Pertemuan Ilmiah Tahunan, Himpunan Astronomi Indonesia, 1979.

6. R.C. Whitten, I.G. Poppoff, "FUNDAMENTALS OF AERONOMY", John Wiley & Sons, Inc. 1971.
7. Soegeng, A. Kamaludin, A. Soedono, "PEMANFAATAN DATA IONOSONDE TANGERANG GUNA MENENTUKAN DAERAH FEKUENSI KERJA KOMUNIKASI GELOMBANG RADIO", Proceedings Simposium Fisika Nasional VI,A, 1978.
8. Soegeng, Sarmoko, "PENGARUH GEMPA BUMI TERHADAP IONOSFIR", Pertemuan ilmiah Tahunan ke III, Himpunan Ahli Geofisika Indonesia, 1978.
9. Soegeng, "RADAR UNTUK MENELITI IONOSFIR", Seminar Nasional Penelitian Dirgantara, LAPAN, 1979;
10. Soegeng, "PENELITIAN IONOSFIR DI ATAS INDONESIA UNTUK KEPENTINGAN NASIONAL DAN INTERNASIONAL", LAPAN, no.11, halaman 3-12, 1979.

