

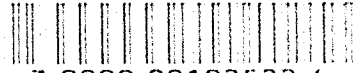
KAJIAN AWAL VARIABILITI IONOSFERA DI PARIT RAJA,  
DATU PAHAT PADA BULAN SEPTEMBER  
2004



SABIRIN BIN ABDULLAH

KOLEJ UNIVERSITI TEKNOLOGI TUN HUSSEIN ONN

PERPUSTAKAAN KUS TTHO



3 0000 00102522 4



# KOLEJ UNIVERSITI TEKNOLOGI TUN HUSSEIN ONN

## BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS\*

JUDUL: KAJIAN AWAL VARIABILITI IONOSFERA DI PARIT RAJA, BATU PAHAT PADA BULAN SEPTEMBER 2004

SESI PENGAJIAN: 2004/2005

Saya SABIRIN ABDULLAH ( 771030-12-6073 )  
(HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (~~Sarjana Muda/Sarjana/Doktor Falsafah~~)\* ini disimpan di Perpustakaan dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hakmilik Kolej Universiti Teknologi Tun Hussein Onn.
2. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. \*\*Sila tandakan ( ✓ )

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh:

  
(TANDATANGAN PENULIS)

  
(TANDATANGAN PENYELIA)

Alamat Tetap:

PETI SURAT 199,  
89850 SIPITANG,  
SABAH

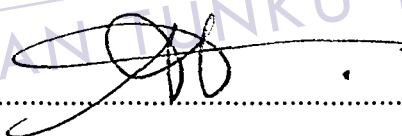
PROF. IR. DR. HJ. AHMAD FAIZAL MOHD ZAIN  
( Nama Penyelia )

Tarikh: 3 NOVEMBER 2004

Tarikh: : 3 NOVEMBER 2004

- CATATAN:
- \* Potong yang tidak berkenaan.
  - \*\* Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT atau TERHAD.
  - ♦ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah doktor Falsafah dan Sarjana secara Penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (PSM).

“Saya akui bahawa saya telah membaca karya ini dan pada pandangan saya karya ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana KEJURUTERAAN ELEKTRIK”

Tandatangan :   
Nama Penyelia : PROF. IR. DR. HJ. AHMAD FAIZAL  
MOHD. ZAIN  
Tarikh : 3 NOVEMBER 2004



PTTA UTHM  
PERPUSTAKAAN TUNKUNGU TUN AMINAH

KAJIAN AWAL VARIABILITI IONOSFERA DI PARIT RAJA, BATU PAHAT  
PADA BULAN SEPTEMBER 2004

SABIRIN BIN ABDULLAH

Tesis ini di kemukakan  
sebagai memenuhi sebahagian syarat penganugerahan  
Ijazah Sarjana Kejuruteraan Elektrik

Fakulti Kejuruteraan Elektrik Dan Elektronik  
Kolej Universiti Teknologi Tun Hussein Onn

OKTOBER 2004



PTTAUTHM  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

“Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya”

Tandatangan :  .....

Nama Penulis : SABIRIN BIN ABDULLAH

Tarikh : 3 NOVEMBER 2004



PTTAUTHM  
PERPUSTAKAAN TUNJUKU AMINAH

**DEDIKASI**

*Untuk Ayah, Ibu Dan Adik-Adik  
Yang Sentiasa Memberi Dorongan Dan Harapan Untuk Berjaya*

*Juga Tidak Lupa Untuk Rakan-Rakan Seperjuangan  
Terima Kasih Atas Segalanya*



**PTTA UTHM**  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

## PENGHARGAAN

Dengan Nama Allah Yang Maha Pemurah Lagi Maha Penyayang serta selawat dan salam ke atas junjungan besar Nabi Muhammad S.A.W. Alhamdulillah, dipanjatkan kesyukuran kerana dengan limpah kurniaNya, dapat saya menyiapkan projek Sarjana Kejuruteraan Elektrik ini.

Di sini, saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada penyelia Projek Sarjana saya, Prof. Ir. Dr. Hj. Ahmad Faizal Mohd. Zain yang telah banyak membantu memberikan tunjuk ajar serta bimbingan sepanjang menyiapkan Projek Sarjana ini. Tidak lupa juga kepada ahli-ahli panel kerana sudi memberi komen yang membina dan pensyarah-pensyarah di Fakulti Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik yang telah banyak membantu dalam menyumbangkan idea dan panduan dalam menjalankan kajian.



## ABSTRAK

Kajian ionosfera di Malaysia ini adalah untuk bulan September 2004 dengan menggunakan sistem penderum ionosfera (ionosonde). Matlamat utama dalam kajian ini adalah bagi menentukan parameter yang digunakan untuk mencari perubahan lapisan ionosfera di Malaysia. Pemerhatian dan analisa menggunakan data yang diperolehi melalui pengumpulan dan penyimpanan dari sistem penderum digital. Keputusan yang diperolehi adalah melalui maklumat gelombang normal frekuensi kritikal pada susun lapis lapisan-F,  $f_oF_2$ , ketinggian maya yang diberikan oleh frekuensi kritikal  $f_oF_2$ ,  $h'F_2$  dan juga gelombang normal frekuensi kritikal pada lapisan terendah yang tebal dilapisan-E. Pengumpulan data dalam masa 24 jam, dari 1 September hingga 30 September dilakukan bagi mendapatkan nilai frekuensi *median*, *lower decile* dan *upper decile*. Perubahan nilai frekuensi ini dilihat mengikut masa dan juga keadaan aktiviti matahari pada waktu siang. Frekuensi kritikal yang diperolehi adalah tinggi ketika aktiviti matahari meningkat pada waktu siang iaitu antara 6.8 hingga 12 MHz dan penurunan nilai frekuensi kritikal ini juga akan menurun ketika waktu lewat petang dan malam iaitu 7 MHz. ketinggian maya bagi nilai frekuensi ini adalah antara 200 hingga 480 km. Bagi lapisan-E, nilai frekuensi adalah dari 2.2 hingga 9.1 MHz.

## ABSTRACT

The ionosphere study is carried out in Malaysia for September 2004 using ionosphere sounder. The main purpose of the study is to determine the parameters used to search the variability of the ionospheric region in Malaysia. Observations and analysis using gathered data from the collecting and storing data in the sounder system. The result base on the ordinary wave critical frequency for stratification in the F region, foF2, the virtual height for ordinary wave critical frequency or foF2, and the ordinary wave critical frequency from the lowest thick layer of E region. The 24 hours data from 1 September to 30 September have been done to search the median, lower decile and upper decile frequency. The changes of the frequency is dependent on the solar activity in the morning. The highest critical frequency is 6.8 to 12 MHz and decreasing value due to late evening and night time at 7 MHz. The virtual height for this frequency are 200 to 480 km. The E-region frequency is from 2.2 to 9.1 MHz.

## ISI KANDUNGAN

BAB	TAJUK	MUKA SUARAT
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRACT	v
	ABSTRAK	vi
	ISI KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	x
	SENARAI RAJAH	xi
	SENARAI SINGKATAN	xiii
	SENARAI APENDIKS	xiv

### BAB 1 :       PENDAHULUAN

1.1	Pendahuluan	1
1.2	Sejarah Penemuan Ionosfera	3
1.3	Penyataan Masalah	7
1.4	Motivasi Projek	8

## BAB II : TEORI IONOSFERA

2.1	Pendahuluan	10
2.2	Pembentukan Ionosfera	11
2.3	Lapisan Ionosfera	13
2.3.1	Lapisan-D	13
2.3.2	Lapisan-E	13
2.3.3	Lapisan-F	14
2.3.4	Lapisan Atas	14
2.4	Ionosfera dan Anomali Khahtulistiwa	15
2.5	Kesan Pembolehubah Terhadap Ionosfera	16
2.5.1	Kesan Matahari Terhadap Ionosfera	16
2.5.2	Keadaan Ionosfera Siang dan Malam	19
2.5.3	Nombor Spot Matahari (SunSpot Number)	19
2.5.4	Fluks Solar (Solar Flux)	20
2.5.5	Indeks-A (A-Indeks) dan Indeks-K (K-Index)	21
2.6	Magnetosfera	24
2.7	Elektrojet Aurora	25
2.8	Gelombang Akuastik Ion	26
2.9	Kehilangan	27
2.9.1	Laluan Pelbagai	27
2.9.2	Gangguan Ionosfera Secara Tiba-tiba	27
2.9.3	Penghampiran Kepada LUF Dan MUF	28
2.10	Penyerakkan	29
2.10.1	Penyerakkan Sisi dan Penyerakkan Belakang	29
2.10.2	Laluan Meteor	29
2.10.3	Aurora	30
2.10.4	Ribut Ionosfera dan Geomagnet	30

### **BAB III: PENGGUNAAN DIGISONDE SEBAGAI ALAT DIAGNOSA IONOSFERA**

3.1	Pendahuluan	32
3.2	Rekabentuk <i>CADI</i>	33
3.3	Model <i>CADI</i>	36
3.4	Peralatan <i>CADI</i> Di <i>WARAS</i>	37
3.5	Pemasangan Kad pada Komputer	41
3.6	Pemilihan Suis Bagi Kad Penerima	44
3.7	Perisian Dalam <i>CADI</i>	46
3.7.1	<i>CADITEST</i>	46
3.7.2	<i>CADIRUN</i>	46
3.7.3	<i>CADIRUN.EXE</i>	48

### **BAB IV: ANALISA DAN KEPUTUSAN**

4.1	Pendahuluan	55
4.2	Perisian <i>IDL</i> ( <i>Interactive Data Language</i> )	56
4.3	Memulakan <i>IDL</i>	56
4.4	Menggunakan <i>IDL widget CADI</i>	58
4.5	Paparan Data <i>IDL</i>	59
4.6	Analisa Dan Pemerhatian Terhadap Ionogram	60
4.7	Memplot Data Untuk Satu Bulan	66

### **BAB V: KESIMPULAN DAN CADANGAN**

5.1	Kesimpulan	80
5.2	Cadangan	81

**SENARAI JADUAL**

<b>Nombor Jadual</b>	<b>Tajuk</b>	<b>Muka Surat</b>
3.1	Susunan suis bagi penerima. 1 = suis buka dan 0 = suis tutup.	45
4.1	Data pada jam 11:00 waktu tempatan dalam satu bulan	67
4.2	Data telah disusun secara menaik	67



PTTAUTHM  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

## SENARAI RAJAH

Nombor Rajah	Tajuk	Muka surat
1.1	Arah pancaran isyarat tidak dapat diterima jika pancaran isyarat adalah dalam keadaan lurus. Dan penerima tidak boleh menerima isyarat sepenuhnya jika ketinggian adalah rendah.	4
1.2	Lapisan konduktif pada altitudo tinggi akan menyebabkan pantulan isyarat radio dan ekmbali dan sampai ke bumi semula.	5
2.1	Pembentukan ionosfera dari electron bebas di kawasan lapisan	12
2.2	Lapisan ionosfera pada masa siang dan malam.	15
2.3	R# bersamaan dengan purata nombor bintang matahari. Kitar bintang matahari adalah rendah	23
2.4	Magnetosfera	24
2.5	Perbezaan arah pergerakan plasma dan arus dalam aurora elektrojet ketika masa senyap.	25
2.6	Laluan elektron melalui ion	26
3.1	Blok diagram keseluruhan CADI	35
3.2	Pusat WARAS di Kolej Universiti Teknologi Tun Hussein Onn	38

Nombor Rajah	Tajuk	Muka surat
3.3	Susun atur perkakasan CADI	38
3.4	CADI terdiri daipada komputer, paparan, dan pemancar CADI	39
3.5	Bentuk antena pemancar adalah terdiri daripada antena delta iaitu berbentuk seitiga	40
3.6	Bentuk antena penerima. Antena penerima terdiri daripada 4 antena dipole	41
3.7	Kad Sintesis Digital Terus ( <i>Direct Digital Synthesis</i> )	42
3.8	Kad penerima	42
3.9	Pemasangan kad pemancar dan kad penerima pada komputer	43
3.10	Penyambungan kabel antena penerima dan CADI ke Komputer. Penggunaan 2 penerima sahaja	43
3.11	Penyambungan kabel antena pemancar dan komputer ke CADI	44
3.12	Suis yang terdapat pada kad penerima	44
3.13	Perisian LOCATION.INI	49
3.14	Perisian CADISCHD.ULE	50
3.15	Perisian IGRAM400.DEF	51
3.16	Perisian CADI.BAT	53
4.1	Paparan IDL	57
4.2	Paparan ionogram oleh perisian IDL widget	60
4.3	Susunan data selama satu jam	61
4.4	Bentuk pantulan dari ionosfera adalah jelas pada waktu siang. Data pada 1 September 2004 jam 11:00 waktu tempatan	62
4.5	Paparan ionogram pada waktu malam. Pantulan dari ionosfera tidak kelihatan. Data pada 1 September 2004 jam 21:00 waktu tempatan	62



<b>Nombor Rajah</b>	<b>Tajuk</b>	<b>Muka surat</b>
4.6	Pantulan berlaku dua kali. Data pada 9 September 2004 jam 10:00 waktu tempatan	64
4.7	Lapisan-E yang tebal muncul kadang-kadang. Data pada 5 September 2004 jam 13:00 waktu tempatan	64
4.8	Lapisan-E bersama dengan lapisan yang lain. Data pada 17 September 2004 jam 04:00 waktu tempatan	65
4.9	Dua bentuk gelombang yang terpisah pada lapisan ionosfera	65
4.10	Plot foF2 untuk bulan September 2004	67
4.11	Plot h'F untuk bulan September 2004	68
4.12	Nombor Bintang Matahari pada bulan September 2004	69
4.13	Indeks-A pada bulan September 2004	70
4.14	Indeks-K (00-03) pada bulan September 2004	71
4.15	Indeks-K (03-06) pada bulan September 2004	72
4.16	Indeks-K (06-09) pada bulan September 2004	73
4.17	Indeks-K (09-12) pada bulan September 2004	74
4.18	Indeks-K (12-15) pada bulan September 2004	75
4.19	Indeks-K (15-18) pada bulan September 2004	76
4.20	Indeks-K (18-21) pada bulan September 2004	77
4.21	Indeks-K (21-24) pada bulan September 2004	78

**SENARAI SINGKATAN**

AM	Amplitude Modulation
CADI	Canadian Advanced Digital Ionosonde
CME	Corona Mass Ejection
DDS	Direct Digital Synthesis
foF2	Ordinary Wave Critical Frequency
fxF2	Extraordinary Wave Critical Frequency
GPS	Global Positioning System
HF	High Frequency
IDL	Intercative Data Language
KUiTTHO	Kolej Universiti Teknologi Tun Hussein Onn
LUF	Lowest Useable Frequency
MUF	Maximum Useable Frequency
TLDM	Tentera Laut DiRaja Malaysia
VHF	Very High Frequency
WARAS	Wireless and Radio Science Center
WWV	National Bureau of Standard (Fort Collin, Colorado)
WWVH	National Bureau of Standard (Kekaha, Hawaii)



PTT AUTHM  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

## SENARAI APENDIKS

Tajuk	Muka surat
A. Data $f_oF_2$ untuk satu bulan September	87
B. Data $h'F$ untuk bulan September	95
C. Data $f_oE$ untuk bulan September	103



PTTA UTHM  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Pendahuluan

Walaupun kajian ionosfera telah bermula pada awal abad ke-20, tetapi kajian di Malaysia masih diperingkat awal. Kebanyakan kajian ionosfera dijalankan berkisar pada kajian Jumlah kandungan Elektron, TEC, [Zain, et al]. Dalam kajian pertama yang dilakukan di Malaysia bertajuk *Initial Results of Total Electron Content Measurement Over Arau, Malaysia*, oleh Zain, A.F.M dan Abdullah, M. 1999 membentangkan pengumpulan data Jumlah Kandungan Elektron di Malaysia di Arau, Malaysia menunjukkan kajian terhadap ionosfera ini telah mula dijalankan oleh penyelidik di UKM (Universiti Kebangsaan Malaysia). Ini disebabkan peralatan untuk tujuan ini mudah diperolehi. Penggunaan GPS (*Global Position System*) atau Sistem Setempat Global dalam kajian ionosfera telah digunakan bagi memudahkan pengumpulan maklumat jumlah kandungan elektron merujuk kertas kerja bertajuk *Enabling GPS Technology on Malaysian Ionosphere Monitoring During Geomagnetic Storm*, oleh Ahmad Faizal Mohd. Zain, Ho Yih Hwa, dan Mardina Abdullah, 2000 [Zain, 2002]. Kajian di Malaysia telah dipelopori oleh UKM, sejak awal lagi. Kertas kerja bertajuk *Equatorial TEC Variations During The Geomagnetic Storm of July 15-17, 2000*, oleh Yih Hwa Ho, Ahmad Faizal Mohd. Zain, Mardina Abdullah, Abdul Ghaffar Ramli, Wan Salwa Wan Hassan, 2000 dan *Studies on*

*Equatorial Total Electron Content Near Solar Maximum Activity from 1998-2000*, oleh Wan Salwa Wan Hassan, Ahmad Faizal Mohd. Zain, Abdul Ghaffar Ramli, Ho Yih Hwa, Mardina Abdullah, 2000 menunjukkan kajian di UKM ini giat memberikan sumbangan dalam kajian tentang ionosfera. Pada masa ini, kelengkapan yang baru di KUiTTHO boleh membuka lembaran baru dalam kajian ionosfera di Malaysia pada masa akan datang.

Penggunaan penderum ionosfera atau ionosonde di KUiTTHO merupakan yang ulung dan unggul. Ini kerana sistem ini merupakan sistem satu-satunya di Malaysia. Walaupun terdapat kerja-kerja dalam pemerhatian dilakukan oleh pihak dalam menentukan kesesuaian lapisan ionosfera ini. Tetapi sistem ini mempunyai had penggunaannya dan bukan untuk kerja-kerja penyelidikan yang lebih tinggi. Contohnya, Chirpsounder yang digunakan oleh TLDM (Tentera Laut DiRaja Malaysia) di Malaysia. Jika dilihat penggunaan Fungsi penggunaan chirp sonder ini adalah untuk menentukan laluan sebenar antara dua pemancar chirpsounder. Ini digunakan bagi memilih frekuensi yang sesuai untuk laluan tersebut.

Sistem yang baru telah diperkenalkan di Malaysia dimana sistem ini digunakan untuk menjalankan kajian ionosfera. Sistem peralatan ini merupakan yang pertama di Malaysia. Pemasangan peralatan ini diselenggarakan di Kolej Universiti Teknologi Tun Hussein Onn di bawah Makmal WARAS (*Wireless and Radio Science Center*). Peralatan ini akan menghantar gelombang secara menegak dari antena pemancar dan akan diterima semula oleh antena penerima. Data akan diterima oleh sebuah komputer yang disediakan. Sistem ini telah mula berfungsi pada pertengahan bulan Julai 2004 dan masih dalam ujian. Sistem ini juga menentukan nilai frekuensi yang sesuai digunakan pada laluan tertentu. Sistem di pusat WARAS ini berkemampuan menghantar isyarat dari 1 hingga 20 MHz, jika dibandingkan dengan chirp sounder hanya mampu menggunakan frekuensi antara 50 hingga 100 kHz sahaja. Oleh itu, sistem baru ini boleh melakukan banyak fungsi berbanding dengan chirp sounder yang digunakan. Apabila sistem ini berfungsi sepenuhnya, kajian berkaitan dengan ionosphere boleh dilanjutkan. Penggunaan sistem ini telah digunakan oleh beberapa negara. Sistem ini telah digunakan di Kanada dan menempatkan lima buah sistem di negara tersebut.

## 1.2 Sejarah Penemuan Ionosfera

Perkembangan teknologi perhubungan meningkat dengan perkembangan semasa dan sekarang kita berada dalam dunia maklumat dan perhubungan menyeluruh. Sejarah perhubungan yang pertama bermula pada tahun 1864, oleh ahli matematik Scottish, James Clerk Maxwell. Beliau telah menerbitkan kertas kerja yang menerangkan gelombang mengandungi elektrik dan magnet boleh merambat atau bergerak dari satu tempat ke tempat yang lain (Maxwell 1865). Pada masa ini, idea yang dikemukakan oleh Maxwell menjadikan pembukaan idea-idea baru dalam perhubungan jarak jauh tanpa wayar dan teori pancaran electromagnet telah dibuktikan benar oleh ahli fizik Jerman Heinrich Hertz pada lewat tahun 1880 dalam ujikaji yang dijalankan. Hertz melakukan ujikaji ini dengan lebih terperinci untuk memastikan keputusan yang diperolehi ada yang betul dan tepat.

Kajian ini tidak berhenti disitu sahaja kerana pada penghujung abad, iaitu abad ke-19, saintis Itali, Guglielmo Marconi telah menukar teori ini dan kajian makmalnya kepada satu sistem telegraf tanpa wayar secara praktikal yang pertama. Marconi telah menjalankan demonstrasi teknik perhubungan tanpa wayar menerusi rangkaian Inggeris (English Channel) pada tahun 1899.

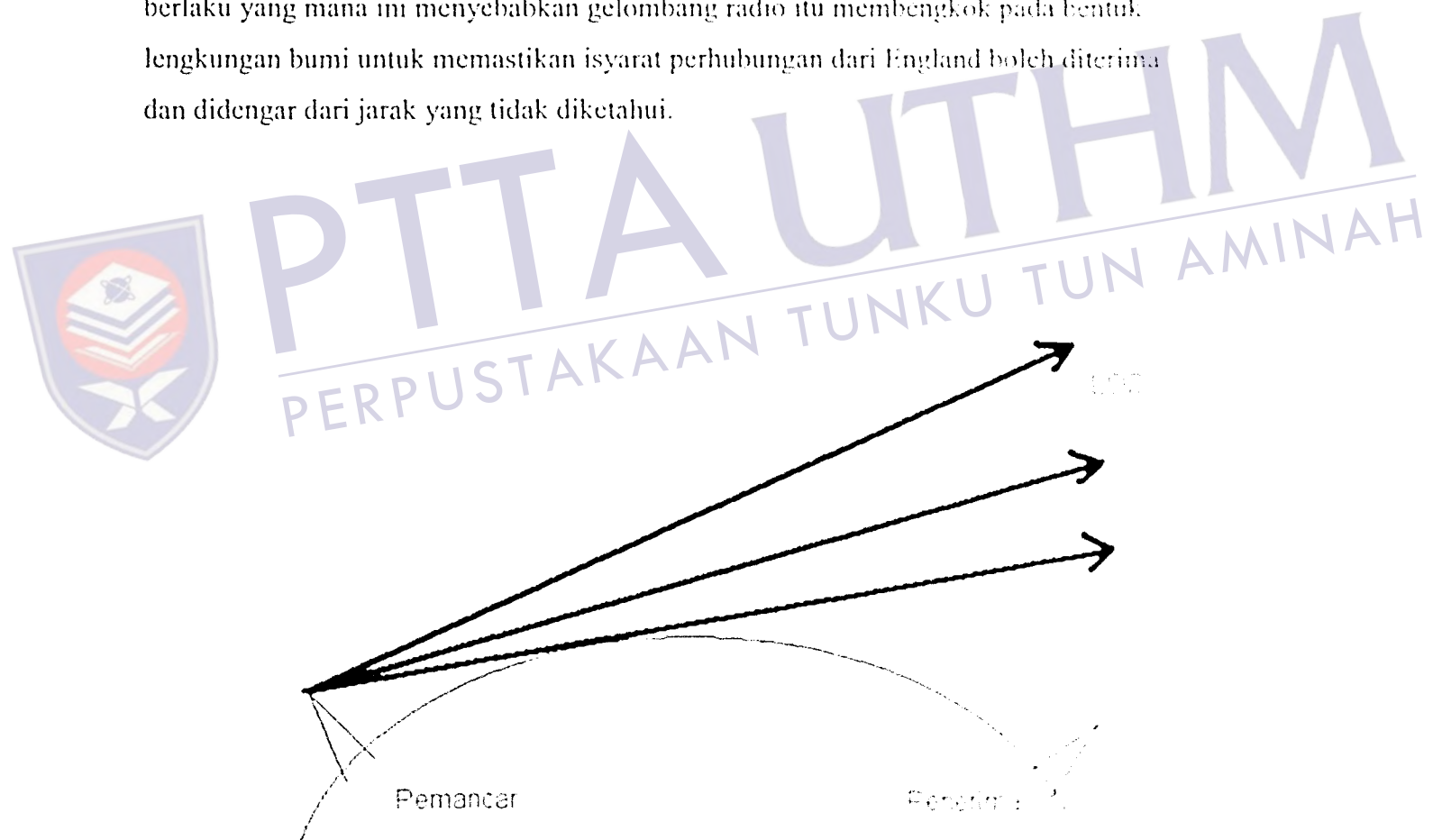
Sejarah ujikaji ini dilakukan pada Disember 12, 1901, oleh Marconi dan juga dikenali sebagai “bapa wayarles” (“father of wireless”) mengadakan demonstrasi perhubungan atlantik dengan menerima isyarat di St. John's Newfoundland yang telah dihantar dari Cornwall, England pada jarak 2100 batu. Oleh kerana kerja pertama beliau menggunakan isyarat gelombang elektromagnet bagi perhubungan radio, Marconi telah dianugerahkan Nobel Prize dalam fizik pada tahun 1909.

Penemuan ini membuka lembaran baru kepada cara perhubungan jarak jauh dengan pembuktian kewujudan lapisan ionosfera.

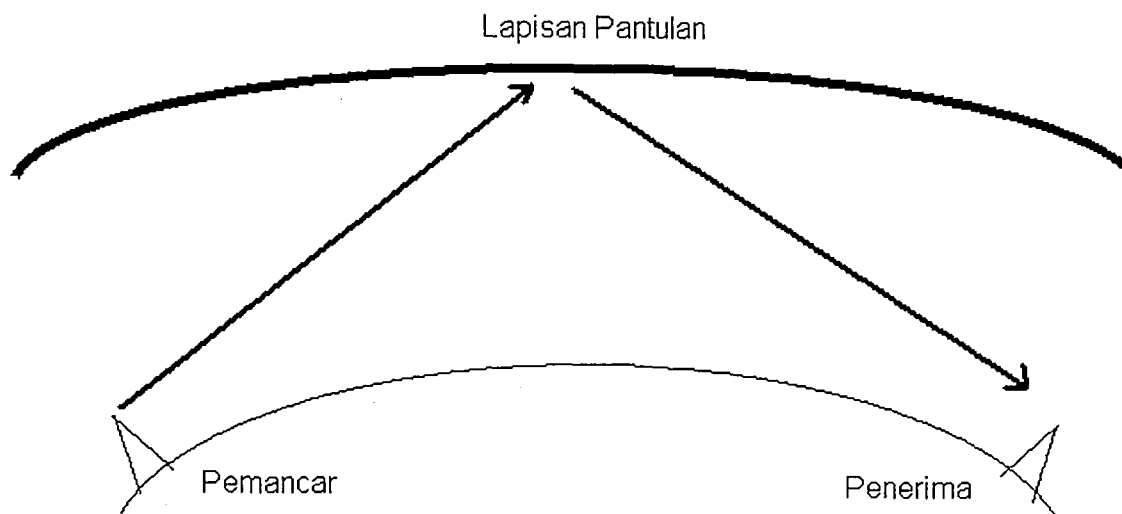
Ujikaji termashur Marconi menunjukkan cara dunia masa akan datang berkomunikasi, juga menimbulkan dilemma dalam sains. Dari sini, ia telah menetapkan pancaran elektromagnet yang bergerak adalah pada garis yang lurus dan

serupa dengan gelombang cahaya. Jika beliau beranggapan demikian, kemungkinan besar jarak perhubungan akan ditentukan oleh geometri laluan tersebut dan ini boleh dilihat melalui Rajah 1.1.

Isyarat radio akan didengar pada arah objek yang menghalang isyarat ini. Jika objek tidak menghalang pada laluan ini, jarak maksimum akan ditentukan oleh ketinggian antena pemancar dan penerima dan juga bentuk muka bumi. Bentuk muka bumi adalah tidak rata dan mempunyai banyak halangan contohnya bukit atau gunung. Melalui rajah yang diberi, isyarat hanya diterima pada garisan lurus pancaran dipancarkan pada rajah tersebut. Oleh itu, selain dari kawasan pancaran, isyarat ini tidak akan diterima. Di dalam demonstrasi Marconi, sesuatu yang berbeza telah berlaku yang mana ini menyebabkan gelombang radio itu membengkok pada bentuk lengkungan bumi untuk memastikan isyarat perhubungan dari England boleh diterima dan didengar dari jarak yang tidak diketahui.



Rajah 1.1 : Arah pancaran isyarat tidak dapat diterima jika pancaran isyarat adalah dalam keadaan lurus. Dan penerima tidak boleh menerima isyarat sepenuhnya jika ketinggian penerima adalah rendah.



**Rajah 1.2 : Lapisan konduktif pada altitud tinggi akan menyebabkan pantulan isyarat radio dan kembali dan sampai ke bumi semula.**

Pada tahun 1902, Oliver Heaviside (Oliver Heaviside, 1971) dan Arthur Kennelly (Kennelly, 1902) masing-masing telah mencadangkan bahawa terdapatnya lapisan konduktor yang wujud pada lapisan atas atmosfera yang membolehkan pancaran isyarat elektromagnet (EM) dipantulkan balik ke bumi. Melalui saat ini, belum ada bukti yang kukuh bagi menunjukkan lapisan ini wujud dan hanya segelintir sahaja yang tahu tentang keupayaan fizik atau elektrik bumi di atas atmosfera. Jika lapisan konduktif wujud, maka had garisan untuk perhubungan boleh ditingkatkan lagi. Lapisan konduktif ini boleh dilihat melalui Rajah 1.2 berikut. Penemuan ini telah banyak menarik minat dan usaha-usaha untuk mengenalpasti keadaan-keadaan elektrik pada lapisan atas atmosfera. Parameter-parameter mula diperkenalkan bagi menunjukkan sifat dan keadaan lapisan tersebut seperti frekuensi gelombang radio ( $f$ ), panjang gelombang ( $\lambda$ ), tempoh perambatan isyarat radio ( $t$ ), jarak perambatan (km), indeks biasan ( $n$ ), ketumpatan electron ( $N$ ), dan juga ketinggian lapisan atmosfera ( $h$ ). pelbagai peralatan telah direkacipta untuk menentukur dan menganalisa data-data yang diperolehi dan usaha-usaha ini dijalankan secara giat pada hari ini.



Pertengahan 1920, rekaan ionosonde diperkenalkan dan kajian terhadap profil dan pembolehubah ionosfera terhadap gelombang radio telah dilakukan oleh penyelidik saintifik. Demonstrasi menakjubkan oleh Marconi telah memberikan rangsangan kepada kajian persendirian dan juga kajian secara komersil untuk menentukan kebolehan muktamad dalam sumber baru yang ditemui iaitu ionosfera. Dalam kajian awal, kajian yang dilakukan dengan amatur radio menunjukkan nilai keboleharapan frekuensi tinggi melebihi 2 MHz untuk pancaran jarak jauh menggunakan ionosfera.

Penyelidikan berkenaan ionosfera disambung dengan kelengkapan yang mempunyai ketepatan dan kesesuaian dengan sesuatu tempat. Sistem Setempat Global (GPS) telah digunakan dalam kajian terhadap ionosfera. Jumlah Kandungan Elektron (TEC) ditentukan dari sistem data GPS.

Sistem ionosonde juga digunakan dalam membuat kajian tentang ionosfera, dimana maklumat di tentukan melalui pantulan dari lapisan ionosfera. Dari maklumat ionosonde yang dikenali sebagai ionogram, maklumat seperti frekuensi kritikal boleh diperolehi. Sistem ionosonde ini telah dibangunkan untuk menjalankan penyelidikan tentang profil ionosfera mengikut keperluan negara yang terlibat seperti negara Kanada. Negara Kanada telah menggunakan peralatan CADI (Canadian Advanced Digital Ionosonde) di 5 buah tempat bagi menjalankan kajian ionosfera tersebut. Fenomena Anomali Pengionan Khatulistiwa dan kesan air pancutan (Wright, 1962) yang terdapat di Malaysia menjadikan ia sebagai tempat kajian yang baik. Kajian ini hanya tertumpu di kawasan Parit Raja, Batu Pahat, Johor. Penentuan nilai frekuensi yang terbaik akan dilakukan mengikut maklumat yang akan diperolehi. Data yang diperolehi boleh menentukan nilai frekuensi yang sesuai bagi masa tertentu boleh dicapai.

### 1.3 Penyataan Masalah

Penggunaan frekuensi dalam perhubungan radio adalah berbeza mengikut masa tertentu. Ini bermakna, nilai frekuensi yang penting diperlukan bagi memberikan perhubungan yang baik dan boleh dilakukan dengan lebih sempurna dan tepat antara dua lokasi. Perhubungan yang terputus akan menyebabkan maklumat yang dihantar tidak dapat diterima dan menyebabkan kerugian dari segi masa dan tenaga. Oleh itu, perhubungan yang jitu boleh menjamin penyampaian maklumat yang sempurna. Dalam projek ini, frekuensi yang penting ini akan ditentukan mengikut data yang diperolehi dari ujikaji yang dijalankan. Dengan adanya maklumat ini, penentuan frekuensi yang tepat boleh dilakukan dengan lebih berkesan lagi.

Objektif utama dalam projek ini adalah menjalankan pemerhatian dan melakukan analisa terhadap data yang diperolehi dalam masa 1 bulan. Dari data yang diperolehi parameter berkaitan dengan ionosfera boleh ditentukan mengikut analisa data. Pemerhatian dilakukan secara kasar melalui graf ionogram dan nilai frekuensi kritikal akan ditentukan. Oleh itu, set data untuk bulan September 2004 boleh dikategorikan kepada dua bentuk. Iaitu data untuk satu hari dan data untuk satu bulan. Data bagi satu hari adalah meliputi masa 24 jam dan data bagi satu bulan merangkumi 30 hari bermula dari 1 September hingga 30 September 2004.

Pemilihan data bagi satu hari dengan mengambil 30 minit bagi satu jam. Bermakna 2 data pada setiap jam dan 48 data bagi satu hari. Peralatan yang digunakan adalah CADI (Canadian Advanced Digital Ionosonde) dimana peralatan ini akan melakukan pengambilan dan penyimpanan data bagi setiap hari. Oleh kerana, sistem masih dalam pengujian, data yang boleh di ambil bagi tujuan analisa adalah data pada bulan September sahaja.

## 1.4 Motivasi Projek

Dalam situasi yang biasa, ionosfera sangat penting dalam sistem komunikasi. Walaupun sistem ini telah digunakan sejak dulu lagi, tetapi penyelidikan dalam ionosfera masih dijalankan oleh penyelidik yang lain kerana profil ionosfera adalah berbeza dengan profil ionosfera dari negara-negara lain. Oleh kerana aktiviti matahari yang berbeza mengikut hari, bulan dan tahun, maka komposisi kandungan elektron dalam lapisan ionosfera adalah berubah-ubah. Penyelidikan ini memerlukan masa yang lama dan penyelidikan berterusan bagi menentukan keadaan sebenar lapisan ini dan fenomena ionosfera ini akan mudah difahami pada masa akan datang.

Kepentingan projek ini dalam perhubungan adalah sangat luas. Sebagai contoh, perhubungan menggunakan satelit dan perhubungan frekuensi tinggi memerlukan lapisan ionosfera. Oleh itu, perlesenan dalam pemilihan jalur frekuensi boleh dilakukan dengan adanya rujukan frekuensi ini. Suruhanjaya Komunikasi dan Multimedia Malaysia boleh memberikan perlesenan kepada agensi yang menggunakan frekuensi sebagai aset perniagaan mereka dengan merujuk nilai frekuensi yang boleh ada sekarang.

Penyiaran televisyen seperti ASTRO, juga menggunakan lapisan ionosfera dalam penyiaran mereka kepada umum. Sistem ini menggunakan lapisan ionosfera untuk memantulkan gelombang yang dihantar dari satelit ke penerima bumi. Dengan adanya frekuensi yang diperolehi, boleh membantu dalam sistem penyiaran khususnya di Malaysia.

Selain itu, faktor keselamatan juga amat penting dalam kehidupan harian kita. Sebagai contoh, bahagian keselamatan seperti polis dan ketenteraan menggunakan perambatan radio frekuensi tinggi dalam komunikasi dengan pasukan yang lain. Dengan adanya nilai frekuensi yang ada penghantaran isyarat akan lebih tepat dan cepak lagi. Ini kerana sistem komunikasi ini juga bergantung kepada lapisan ionosfera.

Pemerhatian dan kajian projek ini memberikan idea kepada kita, nilai frekuensi yang perlu digunakan pada waktu siang dan malam pada masa tertentu.

Penggunaan frekuensi yang digunakan adalah berbeza dengan nilai frekuensi yang digunakan sekarang. Dengan adanya data yang banyak diperolehi akan memberikan banyak lagi maklumat tentang lapisan ionsfera. Ramalan frekuensi yang sesuai untuk perambatan gelombang radio boleh dicapai dengan analisa data ini.



## BAB II

### TEORI IONOSFERA

#### 2.1 Pendahuluan

Atmosfera bumi mempunyai ketumpatan dan komposisi yang berbeza apabila latitud meningkat dari permukaan bumi. Lapisan yang rendah dikenali sebagai troposfera dan ia meningkat dari permukaan sehingga 10 km atau 6 batu. Gas yang terdapat dalam lapisan ini kebanyakannya mengandungi molekul oksigen ( $O_2$ ) dan molekul nitrogen ( $N_2$ ). Semua keadaan cuaca dihadkan dalam bawah lapisan dan ia mengandungi 90% daripada atmosfera bumi dan 99% adalah wap-wap air. Gunung tertinggi adalah masih dalam had lapisan troposfera dan semua aktiviti biasa harian kita berlaku disini. The highest mountains are still within the troposphere and all of our normal day-to-day activities occur here. Aliran jet altitud tinggi boleh didapati berdekatan dengan troposfera pada hujung ketinggian lapisan.

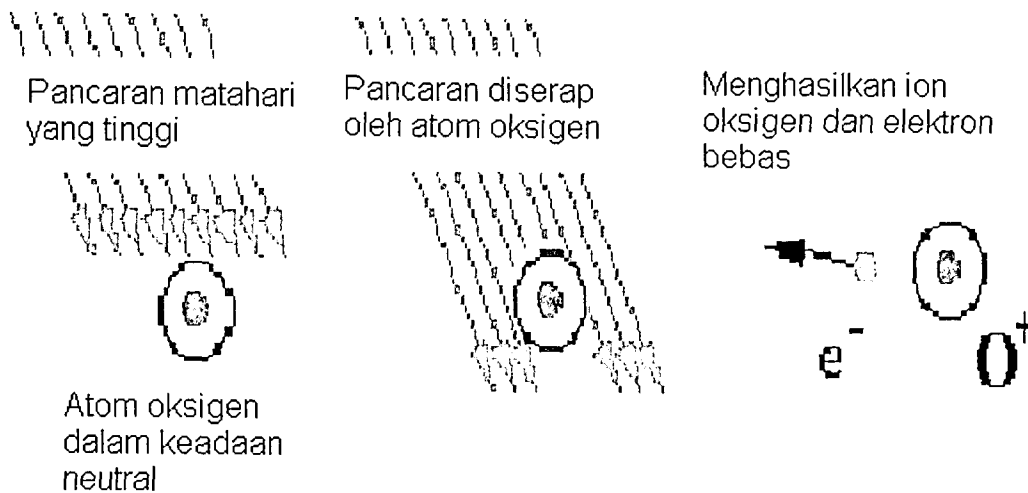
Ketinggian atmosfera pada 10 km keatas dikenali sebagai stratosfera. Kepadatan gas masih ada pada lapisan ini yang mana membolehkan belon berudara panas boleh meningkat pada altitud 15 hingga 20 km dan belon helium hampir pada 35 km, tetapi udara adalah menipis secara berterusan dan kandungan gas berubah sedikit apabila altitud meningkat. Dilapisan stratosfera ini, penerimaan pancaran matahari pada panjang gelombang dibawah 240 nm boleh memecahkan molekul

oksigen kepada atom oksigen tunggal, yang mana setiap satu boleh bergabung dengan molekul oksigen ( $O_2$ ) untuk menghasilkan ozon, molekul oksigen ( $O_2$ ) mengandungi tiga molekul oksigen ( $O_3$ ). Gas ini akan mempunyai ketumpatan yang tinggi pada ketinggian 25 km atau 16 batu.

Peningkatan gas kepada tekanan rendah berlaku apabila altitud meningkat. Pada ketinggian 80 km atau 50 batu, gas akan menjadi nipis yang mana menyebabkan electron bebas wujud dalam masa yang singkat sebelum ia disatukan oleh ion positif yang berdekatan. Kewujudan zarah-zarah bercas pada altitud ini dan altitud tinggi, memberikan isyarat bahawa lapisan ionosfera bermula yang mana mengandungi gas dan plasma.

## 2.2 Pembentukan Ionosfera

Lapisan luar bumi, pancaran solar memancar ke atmosfera dengan kekuatan ketumpatan kuasa  $1370 \text{ Watt/meter}^2$  atau  $0.137 \text{ Watt/cm}^2$ , nilai ini dikenali sebagai "pemalar tetap solar". Pancaran cahaya yang kuat akan tersebar melalui julat spektrum yang lebar dari frekuensi radio ke pancaran ultra merah dan cahaya tak nampak ke sinaran-X. Pancaran matahari dalam bentuk ultraunggu (UV) dan panjang gelombang pendek dianggap telah diion kerana tenaga photon pada frekuensi ini berkebolehan memaksa keluar elektron dari atom gas neutral atau dari molekul apabila berlaku perlanggaran molekul. Lukisan di bawah adalah konsep penerangan ini.



**Rajah 2.1 Pembentukan ionosfera dari elektron bebas di kawasan lapisan**

Sumber : HAARP, 2003

Pancaran solar yang diterima berlaku dalam bentuk atom gas atau molekul. Dalam proses ini, sebahagian dari pancaran ini diserap oleh atom dan elektron bebas dan ion bercas positif dihasilkan. Zarah sinaran kosmik dan angin solar juga memainkan peranan dalam proses ini tetapi kesannya adalah kecil berbanding dengan kesan pancaran elektromagnet dari matahari.

Pada had ketinggian yang tinggi dari luar bumi, pancaran solar adalah sangat tinggi tetapi hanya sedikit atom yang bertindakbalas, oleh itu, pengionan adalah kecil. Apabila altitud menurun, banyak atom gas wujud dan ini membolehkan proses pengionan meningkat. Walaubagaimanapun, pada masa yang sama, proses berlawanan yang dikenali sebagai pencantuman semula mengambil bahagian di mana elektron bebas ditarik oleh ion positif jika ia bergerak dekat dengannya. Apabila ketumpatan gas meningkat pada altitud rendah, proses pencantuman semula ini akan bertambah kerana molekul gas dan ion adalah berdekatan antara satu sama lain. Kestabilan antara dua proses ini menentukan darjah pengionan pada masa yang tertentu.

Pada altitud rendah, jumlah atom gas dan molekul meningkat lebih pesat dan peluang besar penyerapan tenaga dari photon pancaran solar ultra ungu.

Bagaimanapun, kekuatan pancaran ini adalah kecil pada altitud ini kerana sebahagiannya telah diserap pada had yang tinggi. Apabila poin ini dicapai, maka, apabila terdapat pancaran yang rendah, ketumpatan gas yang tinggi dan kadar kestabilan pencantuman semula keluar dan kadar pengionan akan mula berkurangan dengan pengurangan altitud. Ini menyebabkan berlakunya pembentukan puncak pengionan atau lapisan.

Oleh kerana komposisi atmosfera berubah dengan ketinggian, penghasilan ion juga berubah dan ini menyebabkan pembentukan beberapa lapisan di ionosfera iaitu lapisan-D, lapisan-E, dan lapisan-F.

## 2.3 Lapisan Ionsfera

Lapisan ionosfera boleh dibahagikan kepada 4 kawasan yang dikenali sebagai lapisan-D, lapisan-E, lapisan-F dan bahagian atas. Lapisan ini akan dibahagikan kepada beberapa lapisan seperti lapisan-F<sub>1</sub> dan lapisan F<sub>2</sub>.

### 2.3.1 Lapisan-D

Kawasan antara 75 dan 95 km dari permukaan bumi merupakan kawasan yang mempunyai pengionan yang lemah dimana ia merupakan lapisan yang menyerap gelombang radio frekuensi tinggi.

### 2.3.2 Lapisan-E

Kawasan antara 95 dan 150 km dari permukaan bumi yang memberikan ketinggian tetap waktu siang bagi lapisan-E. Bagi bahagian-bahagian kecil,



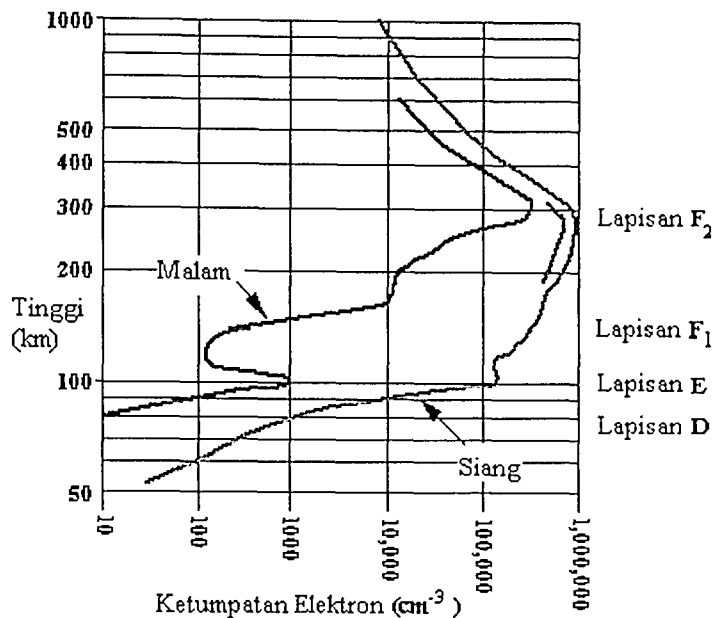
penyisihan pecahan lapisan yang lain berlaku dalam lapisan ini, juga dilabelkan sebagai prefiks E, seperti lapisan tebal E2, dan perubahan tinggi lapisan nipis iaitu taburan E. kebanyakan ion dalam lapisan ini adalah oksigen ( $O_2^+$ ). Lapisan-E ini penting dalam penyerakkan frekuensi sangat tinggi.

### 2.3.3 Lapisan-F

Kawasan pada ketinggian 150 km merupakan lapisan penting pantulan, lapisan-F2 ditemui. Kawasan lain pada lapisan ini juga dikenali sebagai prefiks F, seperti susun lapis latitud sederhana tetap, F1, dan latitud rendah susun lapis semi tetap, F1. Pada bahagian bawah lapisan-F mengandungi banyak ion  $NO^+$  dan kebanyakan ion  $O^+$  berada pada bahagian atas lapisan. lapisan-F memecahkan lapisan F1 dan F2 ketika siang. Lapisan ini mempunyai kepekatan ion dan bertanggungjawab dalam pembalikan gelombang radio frekuensi tinggi. Lapisan-F merupakan kawasan utama yang diminati kerana kebolehanannya dalam perhubungan radio.

### 2.3.4 Bahagian Atas

Bahagian ionosfera ini bermula pada ketinggian ketumpatan maksimum lapisan F2 ionosfera dan terus meningkat dengan pengurangan ketumpatan pada peralihan tinggi di mana ion oksigen ( $O^+$ ) menjadi kurang dari ion hidrogen ( $H^+$ ) dan ion helium ( $He^+$ ). Peralihan tinggi berubah-ubah tetapi kadang-kadang jatuh pada ketinggian 500 km pada sebelah malam atau 800 km pada sebelah siang, bagaimanapun ia mungkin berada pada ketinggian 110 km. Pada peralihan tinggi yang lebih, pengionan lemah mempunyai pengaruh yang rendah terhadap isyarat radio.



Rajah 2.2 : Lapisan ionosfera pada masa siang dan malam

Sumber : Course Syllabus Spring, 1998

## 2.4 Ionosfera dan Anomali Khatulistiwa

Pada umumnya, ionosfera boleh dibahagikan kepada 3 bahagian berdasarkan ciri-cirinya. Iaitu zon khatulistiwa, zon latitud sederhana dan zon kutub. Jika dibandingkan dengan zon latitud sederhana, matahari adalah lebih terus overhead di zon khatulistiwa. Dengan itu, sepatutnya kita mengharapkan frekuensi pantulan kritikal ionosfera yang lebih tinggi di kawasan zon khatulistiwa. Selain itu, dijangkakan variasi musim ionosfera yang lebih rendah sebab kawasan tropika tidak mempunyai musim sejuk dan musim panas yang nyata. Dengan itu, kita juga mengharapkan ketumpatan ionosfera di zon kutub adalah rendah disebabkan oleh sudut zenit matahari yang tinggi, serta variasi yang tinggi di antara musim sejuk dan musim panas di kawasan zon kutub. Walaupun kebanyakan anggapan ini adalah benar, tetapi ia tidak dapat menjelaskan banyak keistimewaan yang menarik pada kawasan tersebut. Di samping itu, lapisan yang terpenting untuk ionosfera, kawasan F, tidak sentiasa mematuhi anggapan yang berpatutan tersebut.

Ionosfera kutub dan ionosfera khatulistiwa adalah sentiasa berbeza dari keadaan normal dan mempunyai kelakuan yang tidak dijangkakan. Salah satu dari sebab utamanya ialah medan magnet bumi. Di kawasan kutub, garisan medan magnet bumi adalah hampir bersudut tepat dengan permukaan bumi; tetapi ia adalah bersudut tegak dengan permukaan bumi di khatulistiwa magnet yang berada di kawasan khatulistiwa. (khatulistiwa magnet dan khatulistiwa geografi adalah berbeza, dan kedua-duanya boleh beza sehingga  $12^\circ$  antara satu sama lain). Pada longitud Asia, khatulistiwa magnet adalah berada di atas latitud khatulistiwa geografi. Manakala, ia berada di bawah latitud khatulistiwa geografi pada longitud Amerika.

## 2.5 Kesan Pembolehubah Terhadap Ionosfera

Terdapat beberapa kesan yang menyebabkan perubahan berlaku pada lapisan ionosfera. Ini yang menentukan ketumpatan elektron dan ketinggian frekuensi pada masa tertentu. Oleh itu, kesan ini perlu diambil kira dalam menentukan parameter ionosfera.

### 2.5.1 Kesan Matahari Terhadap Ionosfera

Matahari merupakan satu fenomena semulajadi yang terbesar di alam semesta kita kerana ia adalah objek yang terbesar dalam sistem suria kita. Ini merupakan salah satu dari berjuta-juta bintang di angkasa. Matahari ini terletak ditengah sistem suria, dan daya gravitinya menyebabkan pengorbitan 9 planet di sekitarnya. Kandungan dalam matahari terdiri daripada gas hidrogen dan helium dan suhu permukaan dan dalamnya adalah terlalu tinggi bagi kewujudan pepejal dan cecair. Kita boleh bahagikan matahari kepada beberapa bahagian. Pusat bumi dikenali sebagai teras dan tenaga suria dalam teras ini dihasilkan dengan cara pelakuran terma. Zon radiatif pula berlakunya pergerakan tenaga yang perlahan menuju keluar pusat. Dalam zon

perolakan, haba diangkut cepat keluar ke permukaan atau fotosfera. Bahan sentiasa dihembas keluar dari matahari dan dibawa keluar oleh angin suria. Ketumpatannya adalah sentiasa berubah terhadap masa. Walaubagaimanapun haba dan cahaya dari matahari adalah sangat malar (di antara 0.1%) untuk suatu masa yang sangat panjang. Walaupun matahari bukan sentiasa berada dalam keadaan diam sahaja, ia adalah berada dalam letusan berkisar aktiviti suria.

Bukti yang paling ketara untuk aktiviti suria adalah penimbunan bintik suria hitam pada permukaan atau fotosfera. Semua aktiviti suria adalah dipercayai disebabkan oleh perubahan medan magnet yang besar pada kawasan permukaan matahari. Kadang kala medan magnet berubah dengan cepat dan melepaskan tenaga yang besar dalam bentuk nyala suria dan lecutan bahan korona (Corona Mass Ejection, CME).

Bintik suria yang mula ditemui pada tahun 325 SM adalah kawasan hitam yang timbul dan mengalami reputan pada zon fotosfera. Bintik suria adalah pencerapan yang paling senang dan terkenal tentang dinamik semulajadi matahari.

Bintik suria lebih hitam daripada persekitarannya adalah disebabkan oleh ia lebih sejuk (kira-kira  $3000^{\circ}\text{K}$ ) jika dibandingkan dengan suhu persekitaran. Ketimbunan dan kehilangan bintik suria dalam selang masa yang berjulat kurang dari 24 jam hingga beberapa bulan adalah disebabkan oleh perubahan medan magnet matahari. Kesemua bintik suria pada matahari memutar mengikut putaran sistem suria, iaitu dari timur ke barat. Oleh sebab matahari terdiri daripada jasad bergas, kelajuan putaran pada khatulistiwa suria adalah lebih laju daripada kutub-kutub suria. Perbezaan dalam kelajuan putaran telah membolehkan proses yang berlaku pada dan dalam matahari dijelaskan dan difahamkan dengan baik. Oleh sebab mekanisme pembentukan bintik suria, tenaga yang besar dalam bentuk nyala suria dan lecutan bahan korona dihasilkan.

Bintik suria juga terkutub dengan polariti positif atau polariti negatif dan kebiasaannya wujud sebagai kumpulan dwikutub. Polariti yang bertentangan ini akan berinteraksi dan bertindak sesama untuk menghasilkan pelepasan tenaga kejutan yang dikenali sebagai marakan suria (solar flares). Proses-proses yang terlibat dalam

penghasilan marakan suria masih belum dikenalpasti dengan tepat. Marakan ini dipercayai berkaitan dengan CME. CME adalah peristiwa dengan pelentingan jisim dari matahari. CME akan menyempuk dengan medan magnet dalam kawasan bintik suria dan mencetuskan marakan suria. Kesimpulan ini adalah berdasarkan pemerhatian bahawa CME boleh berlaku sebelum marakan suria diperhatikan.

Bintik suria adalah berkait rapat dengan medan magnet kuat suria. Medan kuat di dalam sesuatu bintik suria boleh mencapai 0.4 tesla (kira-kira 4000 gauss), lebih kurang 6 hingga 7% daripada jumlah kekuatan medan magnet bumi. Jumlah kekuatan medan magnet bintikan suria ketika kitaran suria yang maksimum pula akan mencapai beberapa kali ganda jumlah medan magnet Bumi

Antara ciri-ciri yang jelas bagi Matahari ialah aktiviti kitaran 11 tahun. Ahli astronomi telah mula mencatat bilangan bintik suria yang kelihatan pada permukaan matahari semenjak 400 tahun yang lepas. Bilangan dan kerumitan bintik suria bertambah hampir setiap 11 tahun. Kitaran 11 tahun ini kini digunakan untuk meramalkan magnitud kitaran suria masa depan. Aktiviti suria yang berkala ini telah memberi kesan terhadap ketumpatan ion pada ionosfera serta komunikasi HF, kitarannya adalah berubah antara 9 hingga 14 tahun. Hanya frekuensi yang lebih rendah dalam jalur HF yang akan disokong oleh ionosfera pada suria minimum, manakala frekuensi yang lebih tinggi dapat dirambatkan pada suria maksimum. Ini adalah disebabkan oleh lebih radiasi dari matahari semasa suria maksimum dan pembentukan lebih elektron pada ionosfera yang membolehkan penggunaan frekuensi tinggi.

Sekitar suria maksimum, kebanyakan nyala suria berlaku. Nyalaan tersebut adalah letupan besar pada matahari, di mana radiasi yang dihasilkan akan mengionkan kawasan D dan meningkatkan penyerapan gelombang HF. Oleh kerana kawasan D wujud pada waktu siang sahaja, kesannya hanya ke atas lintasan komunikasi yang melalui kawasan siang.

### 2.5.2 Keadaan Ionosfera Siang Dan Malam

Pada waktu siang dan penambahan latitud, radiasi suria terhadap permukaan bumi adalah lebih menyerong. Dengan itu, kekuatan cahaya dan ketumpatan elektron adalah semakin menurun menuju ke kutub bumi. Di samping itu, elektron boleh hanyut sepanjang medan magnet (mengufuk di khatulistiwa magnet) dan memberi kesan kepada taburan latitud pengionan. Hanyutan tersebut juga dapat memberi kesan ke atas perubahan harian ketumpatan elektron ionosfera. Namun timbul kesan anomali khatulistiwa yang menghasilkan puncak pengionan yang tidak dijangkakan dan kehadirannya yang tidak mematuhi model mudah ionosfera. Iaitu terdapat penumpuan elektron yang tinggi pada kedua-dua belah khatulistiwa magnet sekitar latitud magnet  $10^\circ$  hingga  $20^\circ$ . Jambul pengionan tersebut telah meningkatkan frekuensi kritikal ionosferik dan menurunkan altitud lapisan F pada kawasan khatulistiwa magnet.

### 2.5.3 Nombor Bintik Matahari (Sunspot Number)

Nombor Bintik matahari mewakili nilai pemerhatian terhadap bintik matahari dan kumpunan bintik matahari pada permukaan solar. Ia dikira mengikut formuls nombor bintik matahari Wolf:

$$R = k (10g + s)$$

Dimana, 'g' adalah nilai kumpulan bintik matahari (lapisan), s adalah jumlah nilai bintik individu dalam semua kumpulan, dan k adalah faktor skala yang membetulkan keadaan yang dilihat dalam pemerhatian yang banyak.

Nombor bintik matahari berubah mengikut fluks solar. Nombor bintik matahari berubah antara sifar ( untuk kitar bintik matahari minimum) ke nilai melebihi 350 atau 400 ( dalam kitar aktif paling tinggi bagi maksimum solar iaitu 11

tahun setiap kitar). Fluks solar bersangkutan dengan nombor bintik matahari, kerana bintik matahari menghasilkan pancaran radio pada panjang gelombang 10.7 cm (sama seperti panjang gelombang yang lain).

#### 2.5.4 Fluks Solar (Solar Flux)

Jika radio fluks adalah 10.7 cm atau 2800 MHz, ini menunjukkan jumlah hinggar solar yang dipancarkan oleh matahari pada jarak panjang gelombang 10.7 cm. Fluks solar diukur dan dilaporkan kira-kira jam 1700 UT setiap hari oleh Pemerhati Radio Penticton (Penticton Radio Observatory) di British Columbia, Canada. Nilai tidak dibetulkan untuk keputusan pelbagai dari pengorbitan yang ganjil pada bumi mengelilingi matahari.

Fluks solar digunakan sebagai penunjuk asas aktiviti solar. Ia boleh berubah bawah 50 ke nilai melebihi 300 yang mana nilai 50 mewakili aktiviti solar yang rendah dan nilai 300 pula mewakili aktiviti solar yang tinggi. Nilai melebihi 200 kebiasaannya berlaku pada puncak kitar solar.

Fluks solar hampir kepada hubungan jumlah pengionan yang diambil dari tempat ketinggian lapisan F2 dan ketinggian adalah amat peka pada perhubungan radio jarak jauh. Nilai fluks solar yang tinggi selalunya menyediakan pengionan yang baik untuk perhubungan jarak jauh yang tinggi berbanding dengan frekuensi normal. Nilai fluks solar yang rendah menghalang jalur frekuensi yang mana digunakan untuk perhubungan jarak jauh dan jika ini berlaku perhubungan jarak jauh adalah terhad. Fluks solar diukur dalam unit "solar flux units" atau unit fluks solar (s.f.u.). satu s.f.u adalah bersamaan dengan  $10^{-22} \text{ Wm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$ .

### 2.5.5 Indeks-A (A-Index) dan Indeks-K (K-Index)

Pemahaman terhadap indeks A dan K menjadi amat penting bagi individu yang ingin menjalankan operasi dalam frekuensi tinggi (HF) secara serius. Tanpa pengetahuan ini, individu itu hanya mengetahui jalur yang 'baik' berdasarkan kepada penerimaan sebenar dan dalam masa membuat perhubungan.

Tambahan pula, dengan sedikit pra-pengetahuan tentang keadaan itu, anda boleh menentukan sama ada jadual itu akan berfungsi pada tarikh ini atau tidak, atau sama ada anda boleh membuat perjalanan dengan betul atau tidak. Dalam kata lain, pemahaman tentang bagaimana menginterpretasikan indeks ini membolehkan mendapat potensi perhubungan yang penuh. Terdapat 2 jenis indeks yang ada iaitu Indeks-A dan indeks-K. kedua-dua indeks ini memainkan peranan dalam perhubungan dengan lapisan ionosfera.

Indeks-A mewakili perubahan naik turun magnet secara berasingan berlaku pada pemerhatian magnet tempatan. Semasa ribut magnet, indeks-A akan mencapai had tertinggi sehingga 100. Semasa ribut yang kuat, indeks-A mungkin akan melebihi 200. Ribut yang "jahat" akan menghasilkan nilai indeks yang melebihi 300, walaupun ribut mempunyai hubung kait dengan indeks tetapi nilai yang tinggi ini jarang berlaku.

Indeks-A adalah berubah-ubah mengikut pemerhatian ke pemerhatian yang lain, kerana perubahan turun naik magnet adalah sangat biasa jika dilihat secara semulajadi. Indeks-A untuk Boulder Colorado (mempunyai nilai yang sama dilaporkan dalam WWV dan WWVH) selalunya dijadikan sebagai rujukan dalam laporan. WWV adalah panggilan untuk NIST(kemudian dikenali sebagai National Bureau of Standards) yang mana merupakan stesen radio gelombang pendek yang terletak di Fort Collin, Colorado. Fungsi utama WWV penyebar berterusan isyarat masa kerajaan Amerika Syarikat. WWVH pula adalah nama panggilan NIST isyarat masa radio gelombang pendek yang terletak di Kekaha, di kepulauan Kauai, Hawaii.

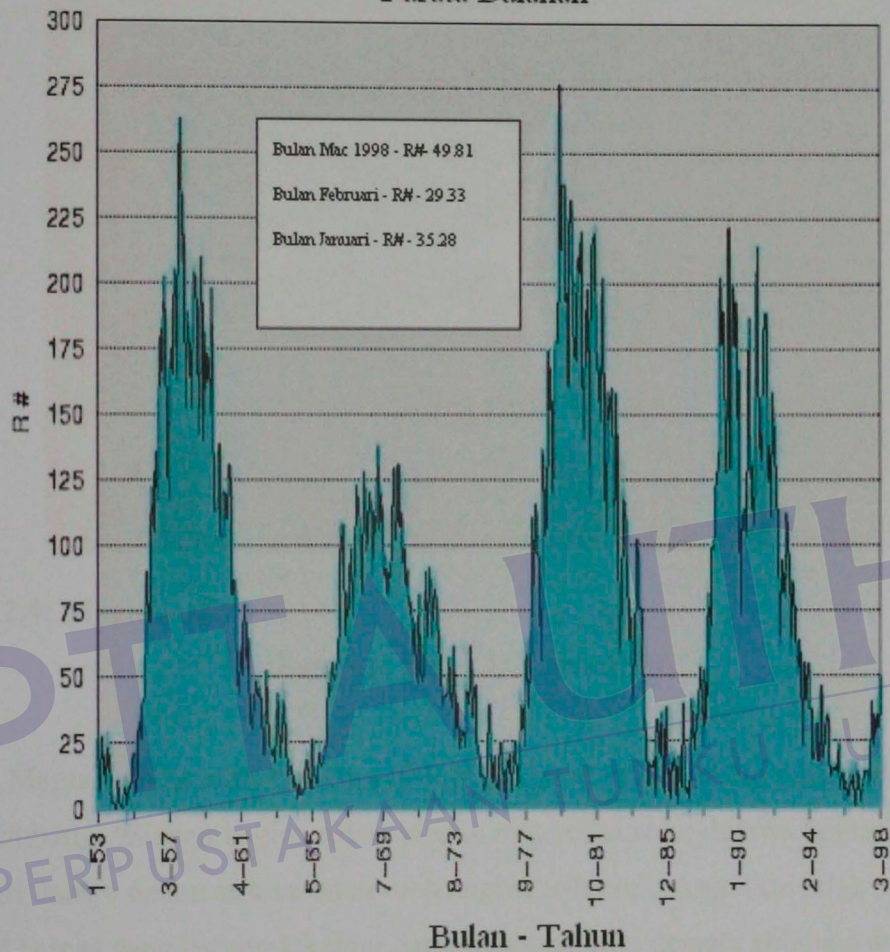


Kebiasaannya, indeks-A untuk latitud tinggi juga dibuat rujukan bagi perbandingan. Oleh itu, pemerhatian bagi perubahan turun naik magnet dirujuk pada musim ribut bagi tujuan penghuraian.

Indeks-K digunakan dalam menentukan keadaan medan geomagnet, kualiti sesuatu perambatan isyarat radio dan keadaan ionosfera. Kebiasanya, nilai indeks-K 0 dan 1 mewakili keadaan magnet yang senyap dan memberikan perambatan isyarat radio yang baik. Nilai antara 2 dan 4 mewakili keadaan magnet aktif yang tidak selesai. Nilai indeks-K yang mewakili nilai 5 merupakan keadaan ribut yang minor dan selalunya berhubungkait dengan perambatan yang sederhana ke tidak baik bagi laluan frekuensi tinggi. Nilai indeks-K 6 adalah mewakili keadaan ribut major dan selalunya hampir kepada keadaan perambatan radio yang tidak baik. Nilai 7 pada indeks-K mewakili keadaan ribut yang kuat dan selalunya diikuti dengan keadaan tidak ada berlaku perhubungan. Ini berlaku pada latitud yang tinggi. Indeks-K pada nilai 8 atau 9 mewakili keadaan ribut kuat yang banyak dan ini jarang dihadapi kecuali masa-masa tertentu ketika kitar aktiviti solar. Indeks-K pada nilai yang tinggi ini menyebabkan tidak ada perambatan dalam radio (radio blackout) dimana masa ini berlaku melebihi 6 ke 10 jam mengikut keadaan semasa.

## Nombor Bintik Matahari NSO/SP

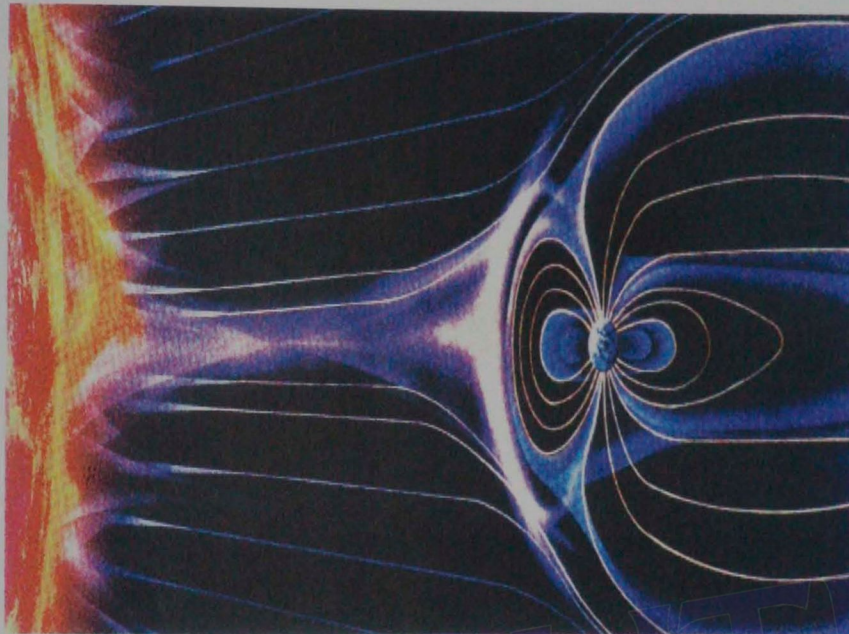
### Purata Bulanan



**Rajah 2.3: R# bersamaan dengan purata nombor bintik matahari. Kitar bintik matahari adalah rendah.**

Sumber : National Space Observatory/ Sacramento Peak, 2000.

## 2.6 Magnetosfera



**Rajah 2.4: Magnetosfera**

Sumber : Frank D. Lind, 1997

Magnetosfera ialah kawasan di angkasa yang mana medan magnetic bumi menyeimbangi tekanan angina solar. Medan magnetiki solar dibawa keluar daripada matahari dan e dalam system solar oleh angina solar ini. Angin ini ialah plasma partikel bercas yang bergerak keluar daripada matahari dengan kelajuan antara 300 hingga 800 km sesaat. Apabila partikel bercas ini bertembung dengan meda magnetic bumi, hamper kesemuanya akan dipantulkan mengelilingi bumi. Ini memampatkan medan magnetic bumi kita yang menghadap matahari (siang) dan menolak keluar pada bahagian yang bertentangan (malam). Herotan medan magnetic ini menyebabkan kewujudan arus yang mengelilingi bumi yang berubah terhadap variasi angin solar. Ada antara arus ini yang melengkapkan litarnya di dalam ionosfera and partikel yang berkaitan dengannya menghasilkan aurora (cahaya utara)

## RUJUKAN

Ahmad Faizal Mohd. Zain, Ho Yih Hwa , and Mardina Abdullah, Enabling GPS Technology on Malaysian Ionosphere Monitoring During Geomagnetic Storm, 2000.

A. P. Mitra and R. E. Jones, A Theoretical and Experimental Study of the Recombination Coefficient in the Lower Ionosphere, IRE Transactions-Antennas and Propagation, 1954.

B. Lazo, K. Alazo, M. Rodriguez, A. Calzadilla, hmF2 Variability Over Havana, Instituto de Geofisica y Astronomia, Habana, Cuba.

D. Bilitza, International Reference Ionosphere (IRI), Task Force Activity, 2002.

Gary J. Mullet, Basic Telecommunications: The Physical Layer, Thomson Delmar Learning, 2003.

Ho Yih Hwa, Pemetaan Jumlah Kandungan Elektron Di Rantau Malaysia Menggunakan Rangkaian Stesen Penerima GPS Jabatan Ukur Dan Pemetaan Malaysia, UKM, 2003.

John MacDougall, CADI Hardware Manual, 1997.

John Mac Dougall, CADI Software Manual, University of Western Ontario, 2002.

John Mac Dougall, The New CADI Plotting Manual, University of Western Ontario, 2004.

J. O. Adeniyi and S. M. Radicella, Variability in foF2 at an Equatorial Station and the Influence of Magnetic Activity, Aeronomy and Radio Propagation Laboratory, Trieste, Italy.

J. W. MacDougal, I. F. Grant and X. Shen, The Canadian Advanced Digital Ionosonde Design and Results, 1990.

Maeda, H. 1955. Horizontal wind system in the ionospheric E region deduced from the dynamo theory of the geomagnetic Sq variation. *Journal Geomagnetic Geoelectric* 7: 121-131

Malcom s. Longair, High Energy Astrophysics second edition volume 1, Particle, photons and their detection, Cambridge University Press, 1992.

M. Mosert, R. Ezquer, G. Miro, R. Corbella, L. De la Zerda, A Preliminary Analysis of the Variability of Ionospheric Characteristics from Ionosonde Data, Argentina.

Norm Cohen and Kenneth Daies, Radio Wave Propagation, Space Enviroment Laboratory, 1994.

Norton, R.B. & Van Zandt, T.E. 1964. The daytime equatorial F layer. *Journal Atmosphere Terrest. Phys.* 26: 1047-1054.

Peter L. Dyson, Juan Chen, and John A. Bennett Single-Hop F2 Propagation Above 30 MHz and Over Distances Greater than 4000 Km., IEEE Transactions On Antennas and Propagation, vol. 40 No. 7, July 1992.

Wan Salwa Wan Hassan, Ahmad Faizal Mohd.Zain, Abdul Ghaffar Ramli, Ho Yih Hwa, Mardina Abdullah, Studies on Equatorial Total Electron Content Near Solar Maximum Activity from 1998-2000, 2000.

W. R. Piggott and K. Rawer, U.R.S.I Handbook of Ionogram Interpretation and Reduction, Second Edition, November 1972, World Data Center, 1978.

Wayne Tomasi, Electronic Communications Systems Fundamentals Though Advanced Fourth Edition, Prentice Hall International, Inc, 2001.

Yih Hwa Ho, Ahmad Faizal Mohd. Zain, Mardina Abdullah, Abdul Ghaffar Ramli, Wan Salwa Wan Hassan, Equatorial TEC variations during the geomagnetic storm of July 15-17, 2000, 2000.

Zain, A.F.M. & Abdullah, M. 1999. Initial Results of Total Electron Content Measurements Over Arau, Malaysia. *Proc. 4<sup>th</sup> IEEE Malaysia International Conference on Communications* 1: 440-443.

Zeng Wen and Zhang Xun-jie, Predictions of HF Communication MUF in the Region of the South China Sea, , IEEE Antenna and Propagation Magazine, vol. 41 No. 4 August 1999.