

INSTRUMENTASI PENGAMATAN LAPISAN IONOSFER

Rizal Suryana

Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa - LAPAN

Jl. Dr. Djundjunaan 133 Bandung 40173

rizal@bdg.lapan.go.id

ABSTRAK

Ionosfer adalah bagian atmosfer yang terionisasi oleh radiasi matahari. Lapisan ini berperan penting bagi kelistrikan atmosfer dan membentuk batas dalam lapisan magnetosfer. Keberadaan lapisan Ionosfer sangat bermanfaat dalam komunikasi radio HF. Mendeteksi keberadaan lapisan ionosfer dilakukan dengan pengamatan menggunakan pemancar dan penerima radio, dimana bagian pemancar akan memancarkan frekuensi secara vertikal dari 1 – 22 Mhz. Waktu tempuh antara pemancar dan penerima sebagai dasar awal pendeteksian keberadaan lapisan ionosfer, lamanya waktu dan kuat sinyal yang diterima akan menentukan ketinggian, jenis lapisan dan ketebalan lapisan ionosfer. Bagian pemancar terdiri dari pembangkit frekuensi, driver, amplifier dan antena, pada bagian penerima terdiri dari antena, penguat, pencampur dan komputer sebagai pemrosesan sinyal. Pancaran frekuensi yang dipancarkan dari sistem pemancar sangat berbeda dengan sistem radio biasa, dimana sistem radio komunikasi frekuensi yang di pancar berupa sinyal kontinyu sedangkan radio yang digunakan untuk mendeteksi lapisan ionosfer akan memancarkan frekuensi berbentuk pulsa. Perbedaan teknik memancarkan frekuensi pada bagian pemancar akan menghasil suatu alat yang disebut dengan RADAR.

Katakunci : Ionosfer, Ionosonda, Pengamatan Ionosfer

I. PENDAHULUAN

Appleton dan group penelitiannya merupakan satu dari dua tim yang pertama kali melakukan membuktikan keberadaan lapisan pemantul pada ketinggian sekitar 100 km (disebut lapisan E). Pada tahap berikutnya dilakukan penelitian lapisan lain pada ketinggian sekitar 250 km (disebut lapisan F). Hal ini dilakukan dengan penyiaran gelombang radio secara kontinu dari satu tempat dan menerima gelombang radio tersebut pada satu daerah yang berbeda. Melakukan pengukuran perbedaan antara sinyal yang diterima di stasiun bumi dan sinyal yang dipantulkan dapat menghitung ketinggian lapisan atmosfer yang memantulkan. Appleton, Breit dan Tuve di Amerika Serikat mampu mengirimkan pulsa radio yang sangat pendek dan mengukur tinggi lapisan dengan mengukur waktu yang dibutuhkan antara sinyal dipancar dan ketika sinyal diterima kembali. Teknik Ini menjadi teknik standar untuk mengukur tinggi lapisan pemantul. Refleksi dari lapisan E, kecepatan pulsa radio mudah diperkirakan, karena ada sedikit di bawah lapisan ionisasi untuk memperlambat gelombang radio bawah. Namun daerah lapisan F, ionisasi lapisan E yang menjadi penyebab memperlambat pulsa radio, membuat delay dari echo lapisan

F echo lebih lama lagi. Jika pulsa radio diperkirakan melakukan perjalanan dengan kecepatan cahaya, hal ini menyebabkan penundaan ditambah dengan lapisan F akan menjadi jauh lebih tinggi daripada sebenarnya. Teknik membunyikan lapisan E pada frekuensi beberapa radio, yang mendasari ionisasi dapat diperkirakan dan dipertimbangkan dalam perhitungan tinggi daerah pada lapisan F. Hasilnya metode pengukuran lapisan ionosfer menjadi berubah dari frekuensi tunggal menjadi multi frekuensi. Ionosfer adalah bagian dari lapisan atas atmosfer dimana terdapat sejumlah elektron bebas yang mempengaruhi perambatan gelombang radio. Jumlah elektron dan ion bebas pada lapisan ionosfer ini bergantung pada besarnya intensitas radiasi matahari serta densitas gas pada lapisan tersebut [Davies, 1990]. Lapisan ionosfer kira-kira terletak 50 sampai 1000 Km diatas permukaan bumi. Berdasarkan membesarnya nilai ketinggian dan densitas elektron, lapisan ionosfer dapat dikategorikan menjadi lapisan- lapisan D, E, F1, dan F2. Ionosfer merupakan medium dispersif yaitu medium dimana kecepatan perlambatan gelombang yang akan melintasnya sangat tergantung pada frekuensi gelombang tersebut. Adanya sinar matahari dan radiasi kosmik menyebabkan molekul-molekul gas yang bersifat netral di atmosfer mengalami ionisasi. Energi ionisasi ini berasal dari energi photon yang memecahkan ikatan elektron dengan atom induknya, sehingga menghasilkan sejumlah elektron bebas yang bermuatan [klobuchar, 1991]. Propagasi Radio adalah perilaku gelombang radio ketika gelombang radio tersebut dikirim, atau disebarkan dari satu titik ke titik lain, atau ke berbagai bagian atmosfer [H. P. Westman, 1968] Seperti gelombang cahaya. Gelombang radio dipengaruhi oleh fenomena refleksi, refraksi, Difraksi, penyerapan, polarisasi dan hamburan [Demetrius T Paris, 1969]. Faktor-faktor yang mempengaruhi propagasi sinyal radio ionosfir dapat mencakup sporadis-E, Spread-F, Solar Flare, badai geomagnetik, lapisan ionosfer tilts, dan solar proton. Lapisan F2 adalah lapisan ionosfer yang paling penting bagi propagasi HF, meskipun F1, E, dan lapisan-D juga memainkan peran yang sama. Lapisan tersebut langsung dipengaruhi oleh matahari pada siklus harian, musim dan siklus sunspot 11-tahun menentukan utilitas mode ini. Selama solar maxima, Semua range frekuensi HF sampai 30 MHz dapat digunakan dan propagasi 50 Mhz menggunakan F2, penggunaan frekuensi ini tergantung pada nilai-nilai fluks matahari harian. Selama matahari minimum, propagasi frekuensi lebih tinggi biasanya lebih buruk.

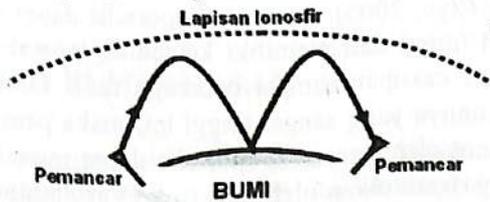
II. LANDASAN TEORI

Seperti diketahui bahwa dalam pentransmisian sinyal informasi dari satu tempat ke tempat lain dapat dilakukan melalui beberapa media, baik media fisik yang berupa kabel/kawat (wire) maupun media non-fisik (bukan kabel/kawat) yang lebih dikenal dengan wireless, seperti halnya udara bebas. Dengan beberapa pertimbangan teknis dan terutama ekonomis, untuk komunikasi pentransmisian gelombang dalam jarak yang jauh, akan lebih efisien apabila menggunakan udara bebas sebagai media transmisinya. Hal ini memungkinkan karena gelombang radio atau RF (radio frequency) akan diradiasikan oleh antena sebagai matching device antara sistem pemancar dan udara bebas dalam bentuk

radiasi gelombang elektromagnetik. Gelombang ini merambat atau berpropagasi melalui udara dari antenna pemancar ke antenna penerima yang jaraknya bisa mencapai beberapa kilometer, bahkan ratusan sampai ribuan kilometer.

2.1 Propagasi Gelombang Radio

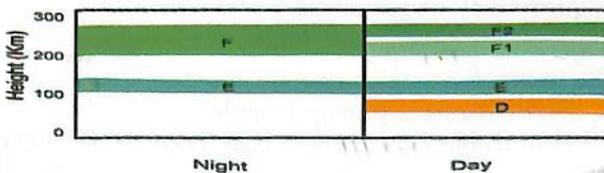
Pada frekuensi tinggi atau daerah HF, yang mempunyai range frekuensi 3 – 30 MHz, gelombang dapat dipropagasikan menempuh jarak yang jauh akibat dari pembiasan dan pemantulan lintasan pada lapisan ionosfer. Gelombang yang berpropagasi melalui lapisan ionosfir ini disebut sebagai gelombang ionosfir (ionospheric wave) atau juga disebut gelombang langit (sky wave). Gelombang ionosfir terpancar dari antenna pemancar dengan suatu arah yang menghasilkan sudut tertentu dengan acuan permukaan bumi. Aksi pembiasan pada lapisan ionosfir dan permukaan bumi tersebut disebut dengan skipping . Ilustrasi dari efek skipping ini, dapat dilihat pada Gambar 2. Gelombang radio yang dipancarkan dari pemancar melalui antenna menuju ionofir, dan dibiaskan/dipantulkan kembali pada titik B ke permukaan bumi pada titik C. Kemudian oleh permukaan tanah dipantulkan kembali ke ionosfir dan sekali lagi dibiaskan ke bumi kembali pada titik D menuju penerima di titik E pada permukaan bumi. Untuk memahami proses pembiasan lebih lanjut pada atmofir bumi, maka susunan kita harus mengetahui proses kimiawi lapisan atmosfer dan faktor-faktor yang mempengaruhinya.



Gambar 1. Ilustrasi Propagasi gelombang skywave

2.2 Lapisan Ionosfer

Pada saat malam hari hanya ada lapisan F yang terionisasi secara signifikan, sedangkan ionisasi dilapisan E dan D sangat rendah. Pada siang hari, lapisan D dan E menjadi jauh lebih tinggi terionisasi, seperti halnya lapisan F, yang terpecah menjadi 2 lapisan baru, lapisan yang terionisasi lemah kenal dengan nama lapisan F1. Lapisan F2 tidak hanya ada pada siang hari tetapi pada malam haripun muncul dan merupakan daerah utama bertanggung jawab atas refraksi gelombang radio.



Gambar 2. Lapisan Ionosfer

Lapisan D adalah lapisan terdalam, 60 km sampai 90 km di atas permukaan bumi. Ionisasi pada lapisan D terjadi karena radiasi seri hidrogen-alpha Lyman pada panjang gelombang 121,5 nanometer (nm) oksida nitrat pengion (NO). Sebagai frekuensi tinggi gelombang radio (HF) tidak terpantulkan oleh lapisan D tetapi frekuensi tersebut di redam. Ini adalah alasan utama untuk penyerapan gelombang radio HF, terutama pada 10 MHz dan di bawahnya, penyerapan yang dilakukan lapisan ionosfer semakin kecil maka semakin tinggi frekuensi yang dapat dipantulkan. Lapisan E merupakan lapisan tengah, 90 km sampai 120 km di atas permukaan bumi. Ionisasi ini disebabkan sinar X-ray (1-10 nm) dan ultraviolet (UV) radiasi ionisasi matahari molekul oksigen (O₂). Lapisan ini, dikenal juga dengan lapisan Kenelly - Heaviside, karena orang-orang inilah yang pertama kali menyebutkan keberadaan lapisan E ini. Setelah matahari terbenam, pada lapisan ini juga terjadi penggabungan ion-ion menjadi molekul- molekul, tetapi kecepatan penggabungannya lebih rendah dibandingkan dengan lapisan D, dan baru bergabung seluruhnya pada tengah malam. Lapisan ini mampu membiaskan gelombang dengan frekuensi lebih tinggi dari gelombang yang bisa dibiaskan lapisan D. Dalam praktek, lapisan E mampu membiaskan gelombang hingga frekuensi 20 Mhz.

Kemunculan secara tiba-tiba suatu lapisan di daerah ketinggian lapisan E dikenal sebagai lapisan E-Sporadis. Sesuai dengan namanya kemunculan lapisan ini bersifat tiba-tiba dan waktu kemunculannya tidak tetap. salah satu teori menyebutkan mekanisme pembentukan lapisan E-sporadis disebabkan oleh peristiwa wind shear (jiyo, 2005). Lapisan E-sporadis dapat memiliki kerapatan elektron yang sangat tinggi dan memiliki ketebalan lapisan sampai beberapa kilometer dengan luas cakupan sampai beberapa ratus kilometer (McNamara, 1991). Karena elektronnya yang sangat tinggi ini, maka pemantulan gelombang radio yang dipantulkan oleh lapisan E-sporadis dapat memiliki frekuensi yang lebih tinggi dari yang dipantulkan oleh lapisan F (Varuliantor, 2008). Lapisan F terdapat pada ketinggian sekitar 150 km - 400 km. Selama siang hari, lapisan F terpecah menjadi dua, yaitu lapisan F1 dan F2. Level ionisasi pada lapisan ini sedemikian tinggi dan berubah dengan cepat se iring dengan pergantian siang dan malam. Pada siang hari, bagian atmosfer yang paling dekat dengan matahari mengalami ionisasi yang paling hebat. Karena atmosfer di daerah ini sangat renggang, maka penggabungan kembali ion-ion menjadi molekul terjadi sangat lambat (setelah terbenam matahari). Karena itu, lapisan ini terionisasi relatif konstan setiap saat. Lapisan F bermanfaat sekali untuk transmisi jarak jauh pada frekuensi tinggi dan mampu membiaskan gelombang pada frekuensi hingga 30 Mhz.

2.3 Pulsa Radar Doppler

Pulse radar Doppler beroperasi pada prinsip Doppler, yang menyatakan bahwa semua objek bergerak akan menunjukkan perubahan frekuensi dari sinyal ditransmisikan ke sinyal yang diterima, yang sebanding dengan kecepatan dari target ke arah radar. Jika target adalah berjalan langsung menuju pada 3MPH radar, radar akan mendeteksi perbedaan frekuensi pada sinyal yang diterima dan

menyatakan bahwa target 3 MPH telah terdeteksi. Jika target berjalan di sudut 45 derajat untuk radar, sinyal Doppler akan menjadi 3 MPH kali kosinus sudut, atau sekitar 2,1 MPH. Namun, dibelakang itu ada sinyal noise seperti pohon dan semak-semak juga memiliki beberapa kecepatan jelas ketika angin bertiup. Agar tidak memiliki sinyal palsu yang jumlah besar, bahwa sinyal echo kecepatan rendah dari noise harus difilter. Sebuah virtual ambang kecepatan (kecepatan buta) dibuat di bawah target yang andal tidak akan terdeteksi. Itu berarti bahwa beberapa target bergerak perlahan-lahan bisa difilter keluar bersama dengan noise. Ini juga berarti bahwa sasaran kecepatan yang lebih tinggi bergerak dapat disaring karena kecepatan hanya menghasilkan sinyal Doppler sebanding dengan kecepatan masuk atau keluar, yang disebut kecepatan radial (mendekat atau menjauh pada balok).

III. METODOLOGI

Instrumentasi pengamatan lapisan ionosfer terdapat beberapa macam diantaranya adalah IPS51, IPS71, FM-CW, CADI dan Digisonde. Pada makalah ini akan menggunakan instrumentasi pengamatan lapisan ionosfer IPS51, CADI dan Digisonde, dipilihnya instrumentasi tersebut dikarenakan LAPAN Bandung menggunakan instrumentasi tersebut sebagai pengamatan lapisan ionosfer. Digisonde digunakan sebagai pembanding dari instrumentasi yang sudah ada. Pada makalah ini akan dijelaskan mulai dari blok diagram, prinsip kerja dan data hasil pengamatan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ionosonde menggunakan teknik dasar radar untuk mendeteksi kepadatan elektron ionosfer plasma sebagai fungsi dari ketinggian. Tekninya dengan menandai keterlambatan waktu dari setiap sinyal echo yang datang secara vertikal. Ionosonda menggunakan gelombang radio frekuensi tinggi untuk mengamati lapisan ionosfer, baik untuk pengamatan secara vertikal atau pengamatan secara broadcast. Secara sederhana, ionosonde mentransmisikan gelombang radio HF (biasanya 1-30 Mhz) vertikal dan mencatat waktu antara sinyal dipancarkan sampai diterima sinyal echo dari hamburan lapisan ionosfer.

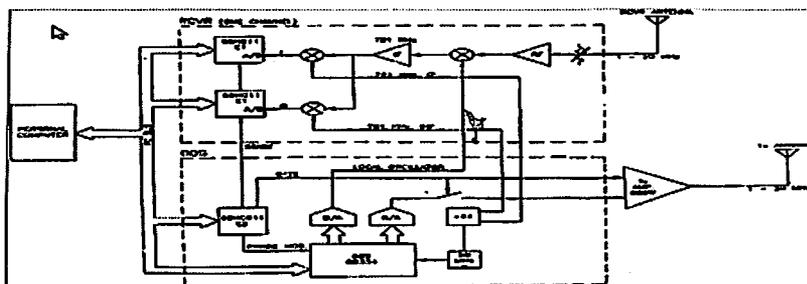
4.1 Canadian Advance Digital Ionosonde (CADI)

Canada Advanced Digital Ionosonde (CADI) adalah ionosonda yang dibuat dengan biaya yang relatif murah, canggih, fleksibel, merupakan ionosonda yang ideal untuk pengamatan dan penelitian ionosfer secara rutin. Tabel 2 menunjukkan spesifikasi sistem CADI.

Tabel 1. Spesifikasi Sistem CADI (Buku Manual CADI, 2003)

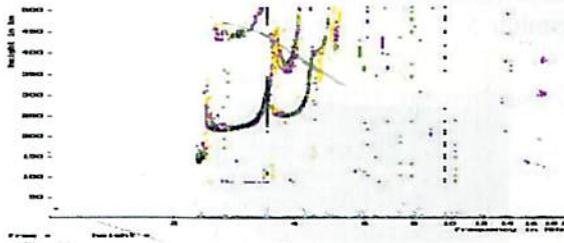
INSTRUMENT OPERATIONAL SPECIFICATIONS	
Pulse Power:	600 W
Frequency Range:	1 to 20 MHz
Frequency Sweeps:	Variable, Controlled by frequency tables. Can have one to several hundred frequencies and linear, logarithmic or any user defined frequency spacings.
Frequency Generation:	DDS - based synthesizer; 50 MHz reference frequency
Height Range:	Up to 1020 km at present
Height Resolution:	6km (40 μ sec pulse length)
Pulse Coding:	13 bit Barker, 7 bit Barker or single pulse, 8 bit complementary
Power Requirements:	ISA-type PC boards run off standard bus power Power amplifier unit requires 110/220V, 50/60Hz, 100VA
Dimensions:	Power amplifier cabinet: 3.5' x 17' x 15' (90 x 432 x 391 mm)
Computer:	IBM compatible PC with at least two free ISA slots (5 slots required for a four-receiver system)

Cadi dapat dioperasikan dengan satu atau beberapa penerima (sampai empat). Pada kenyataannya, kita dapat memiliki Cadi tanpa bagian penerima untuk bertindak sebagai pemancar dalam sistem oblique.



Gambar 3. Blok Diagram CADI (Buku Manual CADI, 2003)

Pada bagian Pemancar Cadi terdiri dari DDS Q2334 dan 68HC811, dimana DDS Q2334 merupakan IC pembangkit frekuensi yang dapat di program dan 68HC811 merupakan IC mikrokontroler. Pada bagian pemancar sebenarnya hanya terdiri dari DDS yang berfungsi sebagai pembangkit frekuensi, osilator lokal sebagai clock dari DDS dan Power Amplifier. DDS akan membangkitkan frekuensi dari 1-30 Mhz yang di kontrol oleh mikrokontroler 68HC811, kemudian sinyal keluar dari DDS Q2334 akan dikuatkan oleh rangkaian Amplifier dan tersukan ke Antena. Pada bagian penerima terdiri dari bagian RF, IF, ADC dan Mikrokontroler. Bagian RF berfungsi sebagai filter dan penguat, sinyal echo yang diterima oleh antena penerima akan di filter untuk memisahkan sinyal noise dan hasil dari filter akan dikuatkan untuk diteruskan kebagain IF. Bagian IF berfungsi untuk mencampur sinyal echo yang diterima dengan frekuensi 781KHz, hal ini dimaksudkan untuk menentukan apakah sinyal yang diterima merupakan sinyal hambur dari ionosfer yang dipancarkan oleh rangkain pemancar.



Gambar 4. Ionogram Hasil Pengamatan CADI

4.2 Digisonde

University of Massachusetts Lowell Center for Atmospheric Research (UMLCAR) telah memproduksi versi ionosonda daya rendah yang disebut dengan Digisonde. Digisonde Portable Sounder (DPS), mampu melakukan pengamatan ionosfer overhead dan menyediakan pengolahan real-time di lokasi pengamatan dan analisis untuk karakterisasi propagasi sinyal radio untuk mendukung komunikasi atau operasi pengawasan.

Tabel 2. Spesifikasi Sistem Digisonde (Buku Manual Digisonde, 2007)

Quad Receiver	
Frequency Range	0.5 – 30 MHz (all modes of operation)
Bandwidth	34 kHz @ 3 dB (for 5 km range resolution)
Input Impedance	50 Ω
Noise Figure	11 dB (at receiver antenna preamplifier)
Receiver Sensitivity	-130 dBm (+/-6 dB) into main chassis; better at preamplifier (amount depending on preamp gain setting)
Dynamic Range	>90 dB instantaneous >140 dB total operating range including gain control
Recovery Time	40 μ s
Output	16-bit quadrature samples
RF Output	
Frequency Scan	0.5 - 30 MHz, start, stop and step size selectable to 1 kHz
Restriction of Transmission	Programmable list of frequencies
Ionogram Scan Time	Standard VIS ionogram 10 - 200 sec (varies with programmable settings)
Frequency Synthesis	Fully digital (frequency switching time < 1 μ s)
Pulse Repetition Rate	100 and 200 pps
Pulse Width	533 μ s (16 chips of 33 μ s) waveform with 30 kHz signal bandwidth
Peak Pulse Power	2 channels @ 150 W each
Output Impedance	50 Ω
Transmitter Type	Dual RF MOSFET Amplifiers for polarized transmission using turnstile transmit antenna
Lightning Protection	In-line spark gap discharge devices
User Interface	
Unattended operation	Controlled by 255 measurement programs, 255 schedules, automatic schedule switch rules and preprogrammed campaign events
Remote access & control	Network or Serial Port interface for Input/Output access to schedules, measurement data, diagnostic data, and operating software. (Internet, LAN, or Modem)
Time Setting	Integrated GPS receiver keeps time to +/-25 μ s
Built-in-Test (BIT)	Full diagnostics to isolate failures to line replaceable units runs automatically, remotely accessible
Self-Calibration	Built-in internal cal automatically updates phase/amplitude adjustment tables. Remotely accessible results.
Signal Processing	
Processors	Two Embedded Intel Dual Core processor SBCs (Control and Data platforms)
# of Range Bins	Selectable: 256 or 512
Height Range	0-1200 km (0 km used for self-calibration)

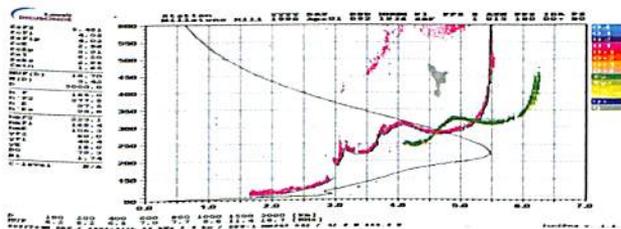
Sistem pemancar menghasilkan daya rendah (300 W vs 10 kW untuk sistem sebelumnya) dengan menggunakan fase intrapulse coding, kompresi pulsa digital dan integrasi Doppler. Akuisisi data, kontrol, signal processing, display, penyimpanan dan fungsi-fungsi analisis data otomatis telah diringkas menjadi sistem multi-tasking tunggal, beberapa prosesor komputer, sedangkan sirkuit analog telah terkondensasi dan disederhanakan dengan mengurangi daya

pemancar, dan mainboard ekspansi PC yang tersedia secara komersial. DPS ditampilkan dalam gambar 5.



Gambar 5. Ionosonda Digisonde (http://ulcar.uml.edu/digisonde_dps.html)

Kontrol perangkat lunak real-time dikembangkan untuk memasukkan sebagai fungsi untuk menampilkan hasil pengamatan ke komputer. DPS Ini termasuk pengukuran simultan dari tujuh parameter yang diamati dari hamburan ionosfer, ke tujuh parameter tersebut adalah Frequency, Range (or height for vertical incidence measurements), Amplitude, Phase, Doppler Shift and Spread, Angle of Arrival dan Wave Polarization.



Gambar 6. Ionogram Hasil Pengamatan Digisonde (http://ulcar.uml.edu/digisonde_dps.html)

Karena parameter fisik dari plasma ionosfir mempengaruhi hamburan dari gelombang radio atau melewati ionosfer, dimungkinkan dengan mengukur semua parameter yang diamati di sejumlah ketinggian diskrit dan frekuensi diskrit untuk memetakan dan mengkarakterisasi struktur plasma di ionosfer. Baik dimensi ketinggian dan frekuensi pengukuran ini memerlukan ratusan pengukuran secara terpisah untuk mendekati fungsi kontinu yang mendasarinya. Pengukuran yang dihasilkan disebut ionogram dan terdiri dari tujuh dimensi pengukuran amplitudo sinyal vs frekuensi dan vs tinggi seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Gambar 6 adalah tampilan lima-dimensi, dengan frekuensi sounding sebagai absis, refleksi tinggi (konversi sederhana keterlambatan waktu untuk rentang asumsi propagasi di 3×10^8 m / detik) sebagai amplitudo, sinyal ordinat sebagai spot (atau pixel) intensitas, pergeseran Doppler sebagai color shade dan polarisasi gelombang sebagai kelompok warna (skala biru-hijau-abu-abu atau "cool" warna menunjukkan polarisasi yang luar biasa, skala merah-kuning-putih atau "hot" menunjukkan warna polarisasi biasa).

4.3 IPS51

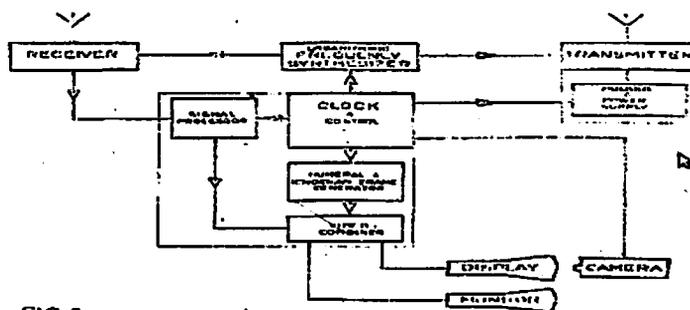
Ionosonda IPS51 di produksi oleh KEL AEROSPACE Australia pada tahun 1981, Ionosonda IPS51 merupakan instrumentasi untuk pengamatan lapisan ionosfer mulai dari ketinggian 60 Km sampai dengan 800 Km, memiliki

daya maksimal sebesar 5Kwatt dan menggunakan sistem analog. Tabel 3 menunjukkan spesifikasi Ionosonda IPS51

Tabel 3. Spesifikasi Ionosonda IPS51 (Buku Manual IPS51, 1982)

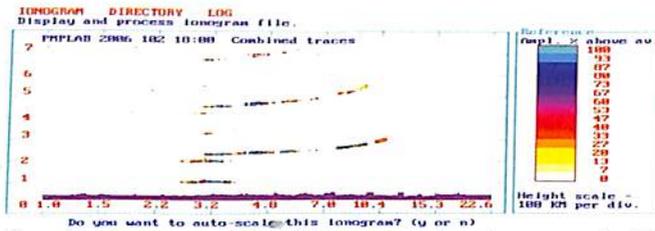
Range Frekuensi	1 - 22,6 Mhz
Sumber Frekuensi	Digital Frequencies Synthesizer
Jumlah chanel	576 chanel
Konfigurasi frekuensi sweep	Logarithmic
Waktu Frekuensi Sweep	12 detik
Daya Maksimum	5 Kw Peak
Lebar pulsa transmitter	41,67uS
Interpal Pulsa	5,33mS (3 buah pulsa/Frekuensi chanel)
Ketinggian Maksimum	800 Km
Resolusi ketinggian	100 Km

IPS51 memiliki power yang cukup besar, hal ini dikarenakan untuk mencapai ketinggian 800 Km, bila dibandingkan dengan ionosonda Digisonde dan CADI yang memiliki power sebesar 300 watt dan 600 watt. Penyebab IPS51 memiliki power yang sebesar adalah interpal pulsa untuk memancarkan frekuensi per chanel lebih sedikit yaitu hanya tiga pulsa per chanel sedangkan CADI dan Digisonde memiliki interpal pulsa per chanel 13 dan 16.



Gambar 7. Blok Diagram Ionosonda IPS51 (Buku Manual IPS51, 1982)

Frekuensi yang dipancar dihasilkan dari Frekuensi Synthesizer, dimana frekuensi Synthesizer di kontrol oleh sebuah rangkaian kontrol, frekuensi Synthesizer menghasil sebuah frekuensi yang bersumber dari klok generator, dimana rangkain frekuensi synthesizer terdiri dari rangkain IC digital yang berupa rangkaian flip-flop. Output dari frekuensi synthesizer selain dikirim ke bagian pemancar dikirim juga ke bagian penerima, hal ini berfungsi sebagai osilator lokal untuk melakukan pengecek sinyal echo yang diterima oleh bagian pemancar. Pengecek dilakukan untuk memastikan apakah sinyal yang diterima oleh bagian pemancar merupakan sinyal echo yang dipancarkan oleh rangkaian pemancar atau merupakan sinyal dari pemancar lain. Bagian penerima menerima sinyal hamburan dari lapisan ionosfer kemudian diterukan ke bagian sinyal processing untuk olah lebih lanjut, hasil pengolahan mendapatkan sebuah gambaran lapisan ionosfer yang disebut dengan ionogram.



Gambar 8. Ionogram Hasil Pengamatan Ionosonda IPS51

Ionogram merupakan gambaran lapisan ionosfer yang menunjukkan fungsi dari frekuensi dan ketinggian serta kuat sinyal dari masing-masing ketinggian dan frekuensi yang diterima oleh bagian penerima.

5. KESIMPULAN

Pada prinsipnya semua ionosonda menggunakan teknik pulsa, diaman frekuensi yang dipancar di kontrol berdasarkan lebar pulsa (duty cycle), semakin lebar pulsa waktu memancar dan semakin banyak interpal pulsa per chanel maka daya maksimum (Power Peak) yang diperlukan ionosonda semakin kecil. Teknik pemrosesan sinyal akan menentukan parameter dari ionosfer, dimana IPS51 hanya mempunya mengamati lapisan ionosfer dengan parameter lapisan E, D, F sedangkan digisonde selain mampu mengamati lapisan ionosfer dengan paramet lapisan E, D, F dapat juga mendapatkan parameter Frequency, Range (or height for vertical incidence measurements), Amplitude, Phase, Doppler Shift and Spread, Angle of Arrival dan Wave Polarization. Teknik pemrosesan sinyal akan menentukan parameter yang akan dihasilkan.

DAFTAR RUJUKAN

- Davies, K., 1990. Peter Peregrinus Ltd, London. ISBN 0-86341-186-X
Ionospheric Radio.
- Demetrius T Paris and F. Kenneth Hurd, *Basic Electromagnetic Theory*, McGraw Hill, New York 1969 ISBN -0 048470-8
- H. P. Westman et al., (ed), *Reference Data for Radio Engineers, Fifth Edition*, 1968, Howard W. Sams and Co, Library of Congress Card No. 43-14665
- Jiyo, A. Gunawan Admiranto, Gatot W, Peningkatan Kerapatan Elektron Lapisan E-sporadis di atas Tanjungsari dan Pameungpeuk pada saat terjadi badai meteor Leonid Tahun 2001., *Warta LAPAN* Vol. 7 No.1,2., 2005
- Klobuchar, J. A., Ionospheric effects on GPS, *GPS World*, 48-51, Apr 1991
- Mc Namara L, *The Ionosphere: Communications, Surveillance and Direction Finding*, Krieger Publishing Company., 1991
- Manual Ionosonda IPS51., Kel Aerospace PTY Ltd., 1982
- Manual Ionosonda CADI., Sceintific Instrumentation Ltd., 2003
- Manual Ionosonda DIGISONDE., The University of Massachusetts Lowell's Center for Atmospheric Research (UMLCAR)., 2007
- Varuliantor Dear, Lapisan E-sporadis Sebagai Media Pemantul Sinyal Radio Komunikasi VHF Rendah., *Berita Dirgantara* Vol 9 No. 2 Juni 2008