

TOMOGRAFI IONOSFER DARI PENERIMA ITS-30 DI SPD PONTIANAK SEBAGAI BAGIAN DARI JARINGAN LITN

Sri Ekawati

Peneliti Bidang Ionosfer dan Telekomunikasi, Pusfatsalnsa, LAPAN
email: ekawa_srle@bdg.lapan.go.id, cle_demes@yahoo.com

RINGKASAN

Penelitian dan pemantauan Ionosfer semakin berkembang. Hal tersebut ditunjang dengan berkembangnya peralatan pemantau ionosfer, salah satunya adalah penerima ITS (*Ionosphere Tomography System*) yang menggunakan teknologi CT-Scan. Tomografi lebih dulu dikenal di bidang kedokteran (CT-scan), kemudian teknik ini berkembang ke bidang lain seperti tomografi seismik (tomografi perut Bumi), tomografi akustik (kelautan) dan saat ini dikembangkan tomografi ionosfer. NWRRA (*NorthWest Research Associates*) mengembangkan peralatan yang khusus untuk tomografi ionosfer yaitu ITS Receiver dari versi ITS-10 sampai dengan ITS-30. Saat ini penerima ITS-30 digunakan oleh jaringan *Low latitude Ionospheric Tomography network* (LITN) yang dibentuk oleh *National Central University* (NCU), Taiwan. Di Stasiun Pengamat Dirgantara Pontianak-LAPAN pun terdapat penerima ITS-30 yang merupakan salah satu jaringan LITN. Salah satu hasil data yang diperoleh adalah indeks S₄ di ketinggian 350 kilometer di sepanjang lintasan jejak satelit yang sinyalnya dapat diterima oleh penerima ITS di Pontianak.

1 PENDAHULUAN

Suatu bidang ilmu tidak akan maju bila tidak ditunjang oleh metode pengamatan yang baik. Hal yang sama berlaku untuk bidang ionosfer. Pada awalnya, pengamatan ionosfer dilakukan dengan menggunakan gelombang radio yang dipancarkan ke atas dari suatu tempat di Bumi. Setelah perang dunia kedua berakhir, pengamatan ionosfer mengalami kemajuan karena pengukuran langsung dapat dilakukan dengan menggunakan alat-alat ukur yang dibawa oleh roket-roket V-2 sisa perang. Kemudian pengamatan ionosfer semakin berkembang dengan menggunakan satelit, pesawat ulang-alik dan radar dengan daya yang tinggi, sehingga ruang lingkup bidang ilmu ionosfer menjadi semakin luas (Soegeng, 1994). Saat ini, selain berbagai metode yang telah disebutkan, teknologi CT-scan dapat digunakan untuk pengamatan ionosfer yang dikenal dengan tomografi ionosfer.

Kata tomografi berasal dari bahasa Yunani yaitu *tomos* yang artinya

potongan dan *graphia* yang artinya penggambaran (Wikipedia, 2011). Tomografi dapat diartikan sebagai cara membuat citra interior; pencitraan dengan memanfaatkan irisan dari suatu obyek; atau dapat juga diartikan rekonstruksi citra secara irisan melintang tanpa mengganggu obyek yang sedang diukur. Tomografi telah digunakan di berbagai disiplin ilmu (Lee and Wade, 1985). Sebelumnya teknik ini telah digunakan dalam dunia medis, namun kemudian berkembang ke bidang lainnya seperti tomografi seismik (tomografi perut Bumi), tomografi akustik (tomografi kelautan) dan saat ini telah dikembangkan tomografi ionosfer.

Ionosfer adalah lapisan atmosfer yang berisi ion-ion, elektron dan partikel-partikel bermuatan. Ketinggian ionosfer bervariasi dari 60 kilometer sampai dengan 1000 kilometer di atas permukaan Bumi (USACE, 2003). Ionosfer penting diteliti karena ionosfer merupakan penentu keberhasilan komunikasi baik komunikasi radio maupun komunikasi satelit (Ekawati, 2010).

Tomografi ionosfer menggunakan teknologi pemindaian yang lebih dikenal dengan sebutan *Computerized Tomography* (CT-scan) dan telah diperkenalkan pertama kali oleh Austen dkk pada tahun 1988 untuk mendapatkan pencitraan distribusi kerapatan elektron di ionosfer (Austen et al, 1988). Tomografi ionosfer yang dikembangkan disebut *Computerized Ionospheric Tomography* (CIT) yang telah memberikan informasi distribusi kerapatan elektron, baik struktur horizontal maupun vertikal, di atas cakupan geografis Bumi yang luas. (Tsai, L.C et al, 2006; Yeh, H.C et al, 1994).

Tomografi ionosfer lintang rendah pertama kali diusulkan oleh peneliti dari Universitas Illinois di *Urbana-Champaign* (UIUC) dan dari *National Central University* (NCU) di Chung-Li, Taiwan pada tahun 1991 (Yeh, H.C, et al, 1994). Pada awal pembentukannya stasiun yang dibangun, hanya di sekitar Taiwan. Namun, pada tahun 2008, di Stasiun Pengamat Dirgantara Pontianak ditempatkan alat penerima ITS-30 sebagai bagian dari jaringan LITN. Data yang diperoleh dari tomografi ionosfer ini adalah indeks S_4 , *Total Electron Content* (TEC), sudut elevasi dan azimuth dari sinyal satelit yang diterima, dan kuat sinyal frekuensi L-band, VHF dan UHF. Sedangkan tujuan dari penulisan makalah ini adalah untuk mengkaji jaringan tomografi ionosfer lintang rendah dan menganalisis data penerima *Ionospheric Tomographic System-30* (ITS-30) di atas Pontianak khususnya data S_4 . Dengan demikian akan diperoleh pemahaman tentang perangkat tersebut dan data indeks S_4 yang diperoleh.

2 JARINGAN LITN

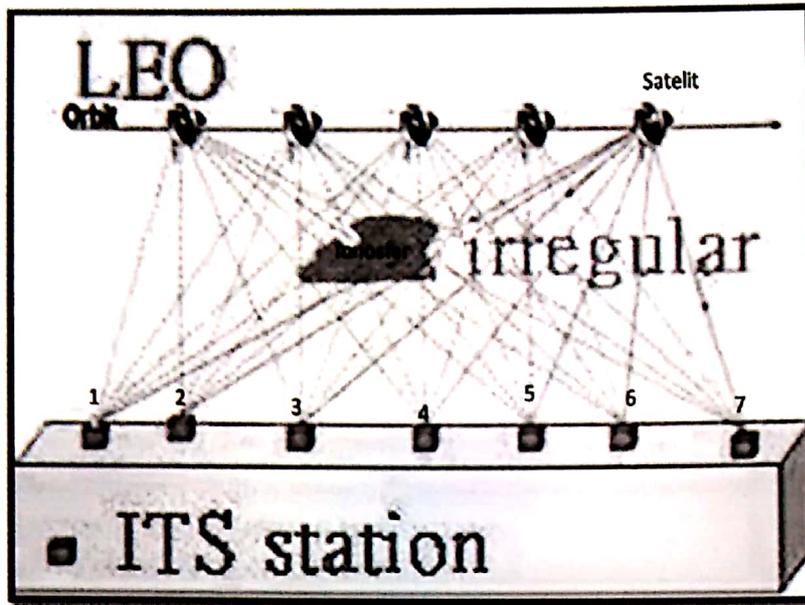
Salah satu alat untuk tomografi ionosfer yang tersebar membentuk jaringan adalah penerima ITS-30. ITS-30

merupakan penerima gelombang dengan frekuensi 150 MHz, 400 MHz dan 1066,67 MHz (sinyal beacon) dari satelit *Low Earth Orbit* (LEO) yang ditunjukkan Tabel 3-1. ITS-30 menggunakan teknologi CT-scan untuk kajian/penelitian tomografi ionosfer. Gambar 2-1 menunjukkan ilustrasi teknik tomografi ionosfer dari stasiun ITS jaringan LITN. Stasiun 1 sampai dengan 7 adalah stasiun-stasiun penerima ITS yang berbeda lintang. Masing-masing stasiun akan menerima data ionosfer dari sinyal satelit yang melaluinya. Perpotongan dan penggabungan dari semua data yang diperoleh dari semua stasiun akan diperoleh informasi kondisi ionosfer yang lebih signifikan.

Salah satu jaringan yang telah dibentuk oleh NCU, Taiwan adalah *Low Latitude Ionospheric Tomografi Network* (LITN) yang saat ini terdapat di 7 titik stasiun ITS, meliputi:

- Chung-Li, NCU, Taiwan (24,262 LU; 121,192 BT) di ketinggian 182 meter di atas permukaan laut (dpl).
- Minsyong, Taiwan (23,566 LU; 120,466 BT) di ketinggian 114 meter dpl.
- Checheng, Taiwan (22,050 LU; 120,698 BT) di ketinggian 32 meter dpl.
- Khinment, Taiwan (24,411 LU; 118,292 BT) di ketinggian 44 meter dpl.
- Itu Aba Island, Taiwan (10,366 LU; 114,350 BT) di ketinggian 5 meter dpl.
- Canlubany, Manila, Philipina (14,262 LU; 121,043 BT) di ketinggian 112 meter dpl.
- Pontianak, Kalimantan Barat, Indonesia (0,003 LS; 109,366 BT) di ketinggian 10 meter dpl.

Stasiun ITS di SPD Pontianak mulai dibangun pada bulan Januari 2008. Gambar 2-2 menunjukkan alat penerima ITS-30 yang dipasang di SPD Pontianak.



Gambar 2-1:Ilustrasi Teknik Tomografi Ionosfer dari Jaringan Stasiun ITS (ISL, 2011)



Gambar 2-2:Alat Penerima ITS-30 di SPD Pontianak

3 PENERIMA ITS-30

Pada awalnya, jaringan LITN menggunakan penerima JMR-1 untuk tomografi ionosfer (Yeh, H.C. et al, 1994; ISL, 2011). Dengan berkembangnya teknologi, Universitas NCU mulai membeli

penerima ITS-30 dari *NorthWest Research Associates (NWRA) Incorporation*. Pereka-yasa NWRA mengembangkan penerima NWRA ITS versi 10. Peneliti ionosfer NWRA telah berkolaborasi dengan *oceanographer* fisika kelautan dari

Universitas Washington untuk mengadopsi *software* inversi, yang dikembangkan untuk tomografi akustik kelautan. Rancangan ITS10 juga telah ditingkatkan kemampuannya (sebagai ITS10S dan ITS20S) agar bisa mengukur intensitas skintilasi. Saat ini, versi dengan tiga frekuensi (ITS30S) telah dikembangkan untuk penggunaan satelit penelitian generasi yang akan datang (NWRA, 2011). Adapun blok diagram penerima ITS-30 ditunjukkan pada Gambar 3-1. Bagian pertama menggunakan dua elemen *Two Line Element* (TLE) untuk mengestimasi satelit yang akan melintas. Bagian kedua menggunakan antena *ground station* (ISL, 2011).

Bagian-bagian dari penerima ITS, terdiri dari:

a. Sistem antena:

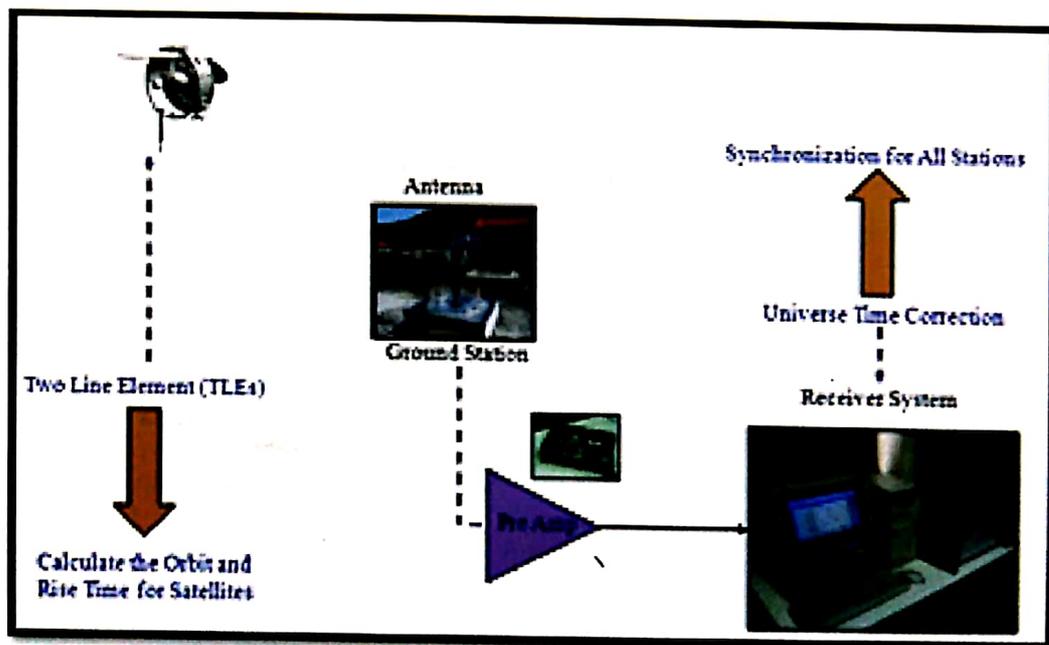
- Antena *cross-coupling* (tipe *turnstile*).
- Tri-band frekuensi (UHF, VHF, dan L-Band), pada lebar 1,4 meter, 1,4 panjang platform logam, dengan tambahan 30 dB pre-amplifier, kombinasi sinyal, kabel koneksi antena, dan PC (*Personal Computer*).
- Antena *cross-coupling* dibagi menjadi tiga bagian termasuk VHF, UHF dan L-band.

- 150 MHz, diameter 95 cm.
- 400 MHz, diameter 26,5 cm.
- 1067 MHz diameter 14 cm.
- Merah : VHF atas 4 *cross-coupling*.
- Biru : UHF tengah 4 *cross-coupling*.
- Kuning: L-Band bawah 4 *cross-coupling*.
- 30 dB di atas alat sinyal *preamplifier*.
- 4 lubang: sambungan sinyal VHF, sambungan sinyal UHF, kabel dan sambungan sinyal L-band.

b. Sistem Penerima:

- Peralatan ADC (*Analog to Digital Converter*) internal.
- Penguat 30 dB
- Peralatan untuk menghubungkan penerima sinyal OSCAR/COSMIC 150 MHz (VHF) dan 400 MHz(UHF) dan 1067 MHz (L-Band) *offset* kisaran frekuensi dari -200 ppm – 110 ppm.
- Kabel penghubung antena dengan panjang sekitar 40 meter.
- PC Desktop dengan *Operating System* Windows XP.

Tidak semua sinyal satelit yang melintas di atas stasiun ITS diterima penerima ITS. Tabel 3-1 menunjukkan satelit-satelit yang sinyalnya dapat diterima oleh penerima ITS-30.



Gambar 3-1: Blok diagram penerima ITS-30

Tabel 3-1: NAMA SATELIT LEO DAN FREKUENSI RADIO YANG DITERIMA PENERIMA ITS (ISL, 2010)

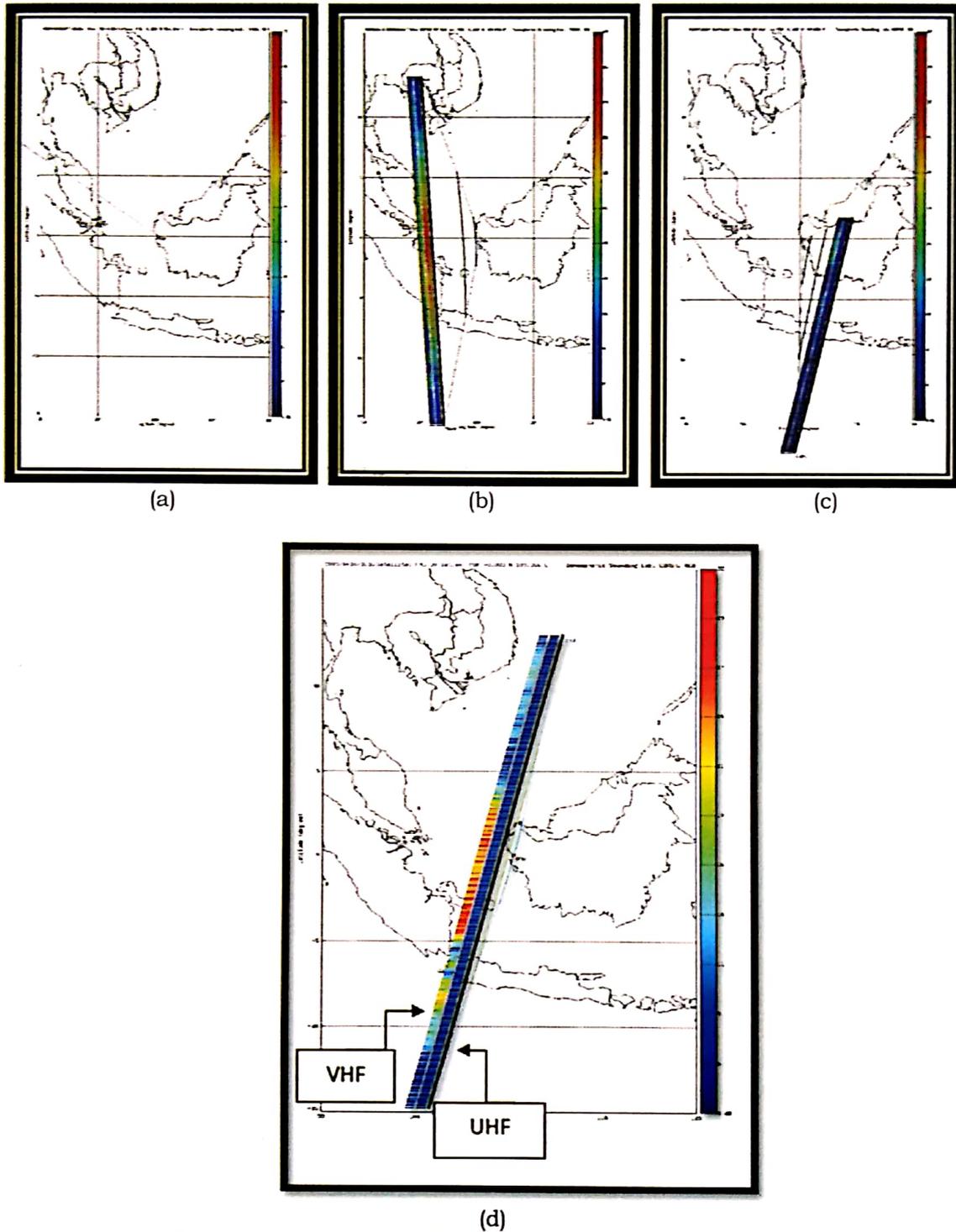
No.	Satelit	Inklinasi	VHF MHz)	UHF (MHz)
1	OSCAR27	90.3070	149.988	399.968
2	OSCAR29	90.3134	149.988	399.968
3	OSCAR23	90.3668	149.988	399.968
4	OSCAR3232	90.3642	149.988	399.968
5	OSCAR2525	89.8024	149.988	399.968
6	OSCAR31	89.0024	149.900	399.968
7	NADEZHDA3	82.9208	150.000	400.000
8	COSMOS2184	82.9302	149.910	399.760
9	RADCAL	89.8562	150.012	400.032
10	COSMOS2266	82.9506	149.970	399.920
11	TSIKADA	82.9284	150.000	400.000
12	COSMOS2310	82.9417	149.910	399.760
13	COSMOS2315	82.9033	150.000	400.000
14	COSMOS2334	82.9348	150.030	400.080
15	COSMOS2336	82.9423	149.970	399.920
16	COSMOS2341	82.9190	149.910	399.760
17	COSMOS2346	82.9223	150.030	400.080
18	GEOSAT FO	108.0470	150.012	400.032
19	NADEZHDA5	82.9505	150.000	400.000
20	COSMOS2361	82.9350	150.030	400.080
21	ARGOS	98.7944	150.012	400.032
22	COSMOS2366	82.9248	149.940	399.840

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Salah satu jenis data yang diperoleh dari pengolahan penerima ITS-30 adalah indeks S_4 sepanjang jejak satelit yang ditunjukkan pada Gambar 4-1. Data ini tersedia di situs web *Ionospheric Sounding Lab* (ISL, 2011). Indeks S_4 adalah ukuran kuat lemahnya gangguan ketidak-teraturan di ionosfer berupa fluktuasi yang cepat amplitudo dan fasa sinyal yang melaluinya. Fenomena ini disebut skintilasi ionosfer. Skintilasi ionosfer dengan indeks S_4

yang lebih besar dari 0,5 dapat menyebabkan gangguan sinyal dengan frekuensi L-Band (Ekawati, 2010).

Gambar 4-1 merupakan data pengamatan indeks S_4 di atas Pontianak sepanjang jejak satelit yg diterima penerima ITS-30 pada tanggal 10 April 2009. Data yang diterima selama satu hari bukan merupakan data untuk lokasi yang sama, namun untuk lokasi yang berbeda dan bergantung pada satelit dan lintasannya (lihat Tabel 3-1.).



Gambar 4-1: Indeks S₄ sepanjang jejak satelit di atas Pontianak tanggal 10 April 2009. (a) 01:15 (b) 05:48 (c) 13:42 (d) 18:16

Gambar 4-1 menunjukkan peta indeks S₄ sepanjang koordinat lintasan dengan titik potong ionosfer di ketinggian 350 kilometer. Waktu pengamatan yang berbeda menghasilkan lintasan yang berbeda. Gambar 4-1(a) sampai dengan (d) menunjukkan waktu penerima ITS-30

di Pontianak saat menerima sinyal satelit, masing-masing adalah 01:15, 05:48, 13:42 dan 17:25. Pada Gambar 4-1(a), sinyal satelit yang diterima adalah satelit CNOFS, namun data yang diperoleh tidak bagus. Pada Gambar 4-1(b), sinyal satelit yang diterima adalah dari OSCAR

25 melintas dari selatan ke utara. Data yang diperoleh sekitar Malaysia dan Sumatera bagian selatan Indonesia. Pada Gambar 4-1(c), sinyal satelit yang diterima adalah dari FM6 80 melintas dari selatan ke utara. Data yang diperoleh sekitar Kalimantan Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur dan lautan Hindia. Pada Gambar 4-1(d), sinyal satelit yang diterima adalah dari FM5 80 melintas dari selatan ke utara. Data yang diperoleh sekitar Jawa Barat, Selat Sunda, Kalimantan Barat.

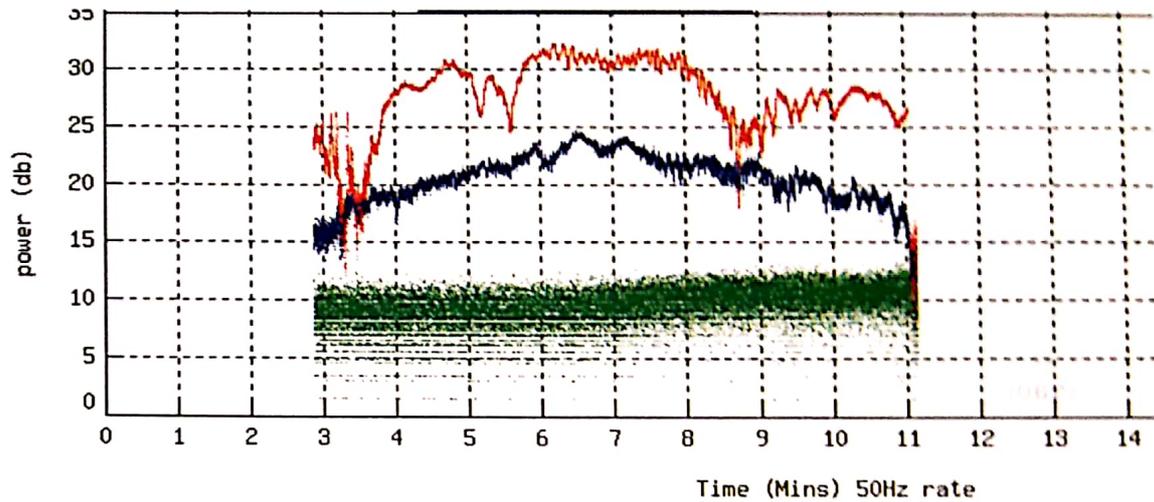
Warna gradien biru hingga merah menunjukkan intensitas gangguan ketidak-teraturan ionosfer (indeks S_4). Kondisi ionosfer yang cukup terganggu ditandai dengan warna merah. Dari sembilan gambar di atas, Gambar 4-1(i) yang menunjukkan peta indeks S_4 di daerah sekitar Pontianak juga Pulau Jawa bagian barat. Pada gambar tersebut terlihat pada tanggal 10 April 2009 pukul 18:16 LT yang ditunjukkan oleh FM5 80, daerah Pontianak termasuk daerah dengan gangguan intensitas indeks S_4 yang besar. Hal tersebut ditandai dengan warna yang cenderung merah.

Gangguan dari skintilasi ionosfer berbeda-beda dampaknya terhadap frekuensi sinyal yang berbeda. Hal tersebut disebabkan ionosfer merupakan medium dispersif. Medium dispersif adalah medium dimana kecepatan propagasi dari gelombang elektromagnetik bergantung pada frekuensi (Abidin, 2001). Hal tersebut jelas terlihat pada dua pita frekuensi pada Gambar 4-1(d), respon

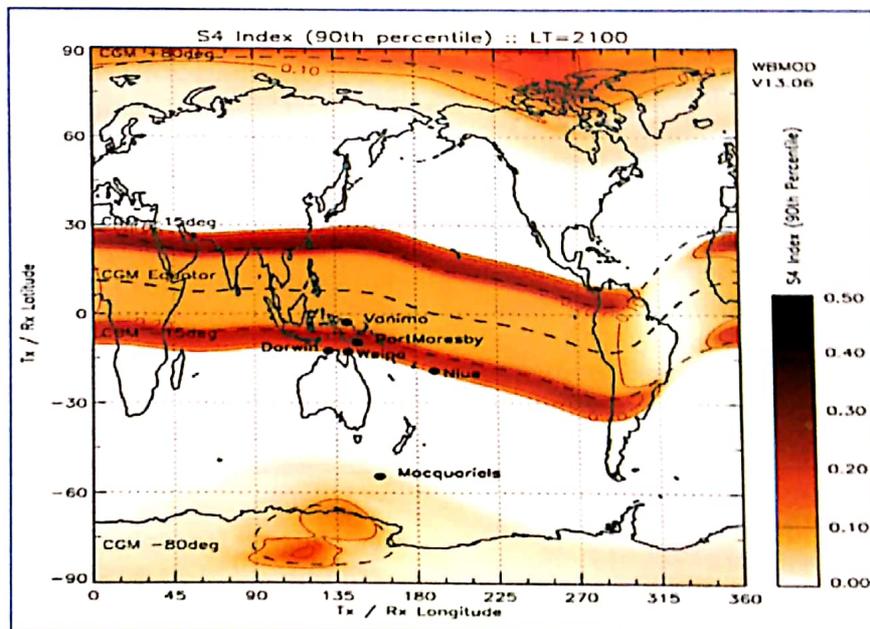
gangguan ionosfer pada frekuensi VHF berbeda dengan frekuensi UHF. Adapun penurunan kualitas sinyal akibat gangguan skintilasi ionosfer dari frekuensi VHF, UHF dan *L-band*, ditunjukkan pada Gambar 4-2.

Gambar 4-2 menunjukkan penjelasan secara terperinci dari Gambar 4-1(d) mengenai besarnya penurunan kualitas sinyal akibat ketidak-teraturan di ionosfer terhadap frekuensi yang berbeda. Warna merah menunjukkan respon pada frekuensi VHF, warna biru menunjukkan respon pada frekuensi UHF dan warna hijau menunjukkan respon pada frekuensi *L-band*. Dari gambar terlihat penurunan kualitas sinyal akibat gangguan ionosfer pada frekuensi VHF lebih besar (mencapai 30 dB) dan lebih fluktuatif dibanding pada frekuensi UHF. Sedangkan pada frekuensi *L-band*, penurunannya antara 5 - 10 dB.

Bila dikaitkan dengan model global skintilasi ionosfer pada Gambar 4-3, Pontianak terletak pada daerah sekitar ekuator geomagnet. Sehingga secara global daerah Pontianak memiliki indeks S_4 cukup besar. Pada bulan April 2009 selain kondisi *equinox* sebagian besar kemunculan skintilasi di Pontianak lebih besar dibanding di Bandung (pulau Jawa), namun pada kondisi *equinox* peningkatan kemunculan skintilasi di Bandung (pulau Jawa) meningkat tajam lebih besar dibandingkan dengan kemunculan skintilasi kuat di Pontianak seperti yang ditunjukkan pada model global pada Gambar 4-3 (Ekawati, 2011).



Gambar 4-2: Perbandingan besarnya penurunan kualitas sinyal akibat sintilasi ionosfer terhadap frekuensi VHF (merah), UHF (biru) dan L-Band (hijau) 10 April 2009 pukul 18:16



Gambar 4-3: Model Sintilasi Ionosfer Global dari WBMOD pada saat aktivitas Matahari aktif. (IPS, 2010)

5 PENUTUP

Dari pembahasan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Teknologi pemindaian CT-scan dapat digunakan untuk pengamatan ionosfer yang dikenal dengan tomografi ionosfer.
- Jaringan tomografi ionosfer lintang rendah LITN yang diprakarsai oleh *National Central University*, Taiwan, menggunakan penerima ITS-30. Saat ini ada tujuh titik stasiun ITS-30 yang merupakan jaringan LITN dan Pontianak merupakan salah satu bagian dari jaringan LITN tersebut.
- Salah satu data yang diperoleh dari alat penerima ITS-30 ini adalah data indeks S₄, namun data yang diperoleh memiliki cakupan daerah yang tidak sama.
- Daerah Pontianak termasuk daerah dengan gangguan intensitas indeks S₄ yang besar. Hal tersebut karena

Pontianak berada di daerah sekitar ekuator geomagnet.

- Pengaruh gangguan ionosfer terhadap frekuensi VHF (150 MHz) lebih besar dibanding frekuensi UHF (400 MHz), dan dampak terkecil pada frekuensi L-band (1066,67 MHz).

DAFTAR RUJUKAN

- Abidin, H.Z., 2001. *Geodesi Satelit*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta. ISBN : 979-408-462-X.
- Austen, J.R., S.J. Franke, and C.H. Liu., 1988. *Ionospheric Imaging Using Computerized Tomography*. Radio sci., 23, 299-307.
- Ekawati, Sri, 2008. *Cuaca Antariksa dan Waktu Tunda di Ionosfer. Cuaca Antariksa: Perkembangan Sains Teknologi dan Kebijakan Nasional: Prosiding Seminar Nasional Antariksa IV*. ISBN: 978-979-1458-23-8.
- Ekawati, Sri, 2008. *Cuaca Antariksa dan Waktu Tunda di Ionosfer. Cuaca Antariksa: Perkembangan Sains Teknologi dan Kebijakan Nasional: Prosiding Seminar Nasional Antariksa IV*. ISBN: 978-979-1458-23-8.
- Ekawati, Sri, 2010. *Pengaruh Geometri Satelit dan Ionosfer dalam Kesalahan penentuan Posisi GPS*. Berita Dirgantara Vol. 11, No. 2 Hal. 36-71. Juni 2010.
- Ekawati, Sri, 2010. *Efek Sintilasi Ionosfer terhadap Gangguan Komunikasi Satelit*. Berita Dirgantara Vol.11, No. 4, Hal. 106-152. Desember 2010.
- Ekawati, Sri, 2011. *Perbandingan Indkes Sintilasi Ionosfer di Bandung dan di Pontianak Berdasarkan data GISTM GSV4004B*. Prosiding Seminar Nasional Sains Antariksa V.
- Lee, H., and G. Wade, 1985. *Imaging Technology*. IEEE Press, New York.
- Soengeng, R., 1994. *Ionosfer*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Tsai, L.C. Tsai, W.H., Chou, J.Y., Liu, C.H., 2004. *Ionospheric Tomography from Reference GPS/MET Experiment Through the IRI Model*. TAO, Vol.17, No.1, 269-276, March 2006.
- USACE (Departement of The Army US Army Corps of Engencers Washington), 2003. Chapter 4. *GPS Absolute Point Positioning Determination Concepts, Galats, and Accuracies*. DC 20314-1000. EM1110-1003.<http://140.194.76.129/publications/eng-manuals/em1110-1-1003/c-4.pdf>, download Februari 2007.
- Yeh, H. C., S. J. Franke, K. C. Yeh, C. H. Liu, T. D. Raymund, H. H. Chen, A. V. Izotov, J. Y. Liu, J. Wu, K. H. Lin and S. W. Chen, *Low-latitude ionospheric tomography network along Taiwan meridian, Low-Latitude Ionospheric Physics, COSPAR Colloquium, 7, 295-303, 1994.*
- IPS. 2010. *Ionospheric Scintillation*. <http://www.ips.gov.au/Satellite/6/3/1>, download September 2010.
- ISL, 2011. *Ionospheric Sounding Lab*. <http://140.115.111.231/isl-2/LITN.htm>. download Januari 2011.
- NWRA. Ionospheric Research at North West Research Associates "Unencumbered Science". <http://www.nwra.com/research/ionosphere.php>. download Januari 2011.
- Wikipedia, 2011. Tomografi terkomputasi. [http:// id.wikipedia.org/wiki/Tomografi_terkomputasi](http://id.wikipedia.org/wiki/Tomografi_terkomputasi). Dowload Januari 2011.