

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab IV menjelaskan hasil akhir dan pembahasan dari penelitian. Data yang disajikan dari hasil penelitian meliputi pengolahan data RINEX observasi dan navigasi dengan *software* GPSTEC Versi 2.9.1 untuk melihat kemunculan fenomena sintilasi ionosfer yang merupakan variasi temporal efek ionosfer pada frekuensi tinggi. Sedangkan, untuk melihat kesalahan posisi dari pengukuran GPS, data diolah dengan menggunakan *software* RTKlib.exe (RTK *Post* dan RTL *Plot*) dimana *post processing* data dilakukan dengan resolusi data 30 detik yang divariasikan dalam variasi harian dan musiman dalam satu tahun. Kemudian, hasilnya akan diplot berupa grafik menggunakan *software* Matlab R2008a. Sistematika penyajian Bab IV hanya menyajikan prosedur pengambilan data dan analisis hasil dari data yang telah didapatkan pada penelitian. Hasil akhir dari pengolahan data RINEX berupa variasi kemunculan sintilasi ionosfer berikut analisis pengaruh kemunculannya terhadap kesalahan pengukuran posisi yang diakibatkan dengan melihat data posisi *track* GPS.

4.1 Variasi Kejadian Sintilasi Ionosfer di Area Cibinong Jawa Barat

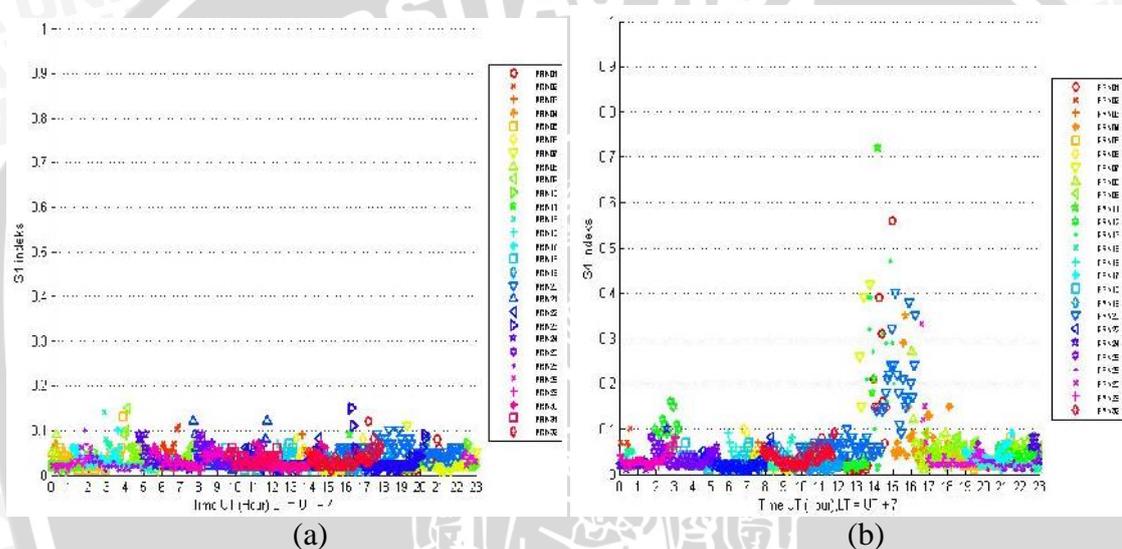
Data yang digunakan untuk melihat variasi kemunculan sintilasi yaitu data RINEX GPS Bako stasiun tetap Cibinong milik BIG dengan lintang dan bujur (6.49° LS, 106.84° BT). Dari data RINEX yang diolah menggunakan *software* GPSTEC versi 2.9.1 dan diplot menggunakan *software* MATLAB menampilkan grafik seperti yang akan dijelaskan pada subbab berikutnya.

Berdasarkan hasil data diperoleh kemunculan sintilasi untuk setiap sinyal satelit yang *visible* dalam satu hari pengamatan dengan sampling 0.5 menit dan sudut elevasi (*cutoff*) $> 30^{\circ}$ untuk menghindari efek kesalahan akibat *multipath*. Parameter yang diamati adalah indeks sintilasi S_4 yang merupakan intensitas amplitudo sinyal sintilasi pada interval waktu 30 detik. Gangguan sintilasi dengan indeks $S_4 > 0.25$ menyatakan sintilasi lemah dan indeks sintilasi dengan $S_4 > 0.5$ menyatakan sintilasi dengan gangguan kuat.

4.1.1 Variasi Kejadian Sintilasi Ionosfer Harian

Grafik pada Gambar 4.1 adalah contoh indeks sintilasi dari 30 satelit (PRN, *Pseudo Random Noise*) selama satu hari pengamatan pada tahun 2013. Setiap sinyal

satelit yang ditangkap penerima GPS dalam satu hari pengamatan diberi tanda dan warna yang berbeda sehingga dapat diketahui dengan mudah sinyal satelit yang mengalami sintilasi ionosfer. Pada seperti Gambar 4.1 (a) adalah contoh kasus kemunculan sintilasi lemah pada 9 Januari 2013. Sedangkan grafik pada Gambar 4.1 (b) menunjukkan contoh kasus kemunculan sintilasi pada kategori kuat dengan indeks $S_4 > 0.5$ yang terjadi pada tanggal 9 April 2013. Sintilasi kuat pada tanggal tersebut terjadi sekitar pukul 14:00 UT hingga 17:00 UT atau sekitar pukul 21:00 WIB hingga 24:00 WIB. Dalam rentang waktu tersebut beberapa sinyal satelit mengalami sintilasi, yaitu satelit nomor 1 (PRN01), 4 (PRN04), 7 (PRN07), nomor 11 (PRN11), 13 (PRN13), nomor 20 (PRN20) dan 28 (PRN28).



Gambar 4.1. Variasi kejadian sintilasi (a) Saat terjadi sintilasi lemah pada 9 Januari 2013 dan (b) sintilasi kuat yang terjadi pada 9 April 2013

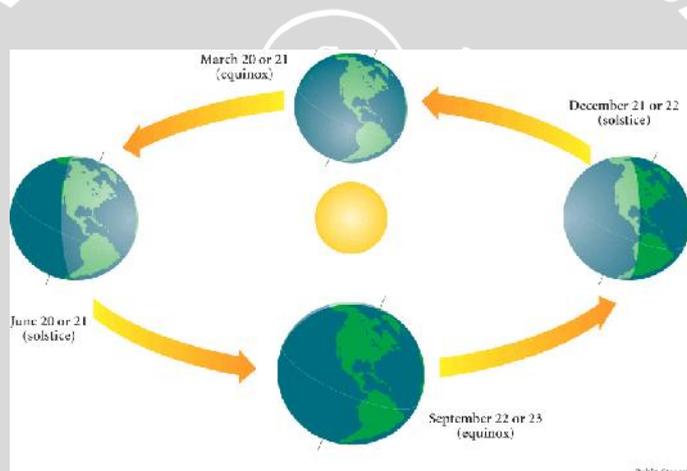
Hasil penelitian ini, hampir sama dengan hasil penelitian (Asnawi, 2013), yang menganalisis tingkat kemunculan sintilasi ionosfer daerah lintang rendah Indonesia di stasiun Kototabang pada tahun 2008 hingga 2012. Dijelaskan bahwa, sebagian besar sintilasi kuat terjadi setelah matahari terbenam sekitar pukul 12:00 UT atau sekitar pukul 19:00 WIB hingga pukul 16:00 UT atau sekitar pukul 23:00 WIB. Kemunculan sintilasi setelah matahari terbenam (*post sunset*) di daerah ekuator disebabkan oleh fenomena ketidakteraturan (irregularitas) plasma pada lapisan ionosfer. Setelah matahari terbenam, ketinggian lapisan F di ionosfer daerah ekuator semakin meninggi sehingga terbentuk gradien kerapatan plasma pada bagian bawah lapisan F. Hal ini disebabkan bergabungnya lapisan F1 dengan lapisan E ditambah dengan peningkatan kuat medan listrik ke arah timur yang dikenal sebagai fenomena *Pre Reversal*

Enhancement (PRE). PRE merupakan salah satu fenomena di ionosfer lapisan F yang terjadi pada malam hari di daerah khatulistiwa atau *Equatorial Spread F* (ESF). PRE disebut sebagai awal mula kejadian sebelum sintilasi terjadi, namun hal ini merupakan mekanisme kausal yang masih belum sepenuhnya dipahami.

Dari pengolahan data RINEX menggunakan GPSTEC versi 2.9.1, didapat nilai indeks S_4 selama satu tahun. Contoh data yang ditampilkan yaitu hanya pada bulan Maret hingga April karena puncak nilai sintilasi kuat terjadi pada bulan ini.

4.1.2 Variasi Kejadian Sintilasi Ionosfer Musiman

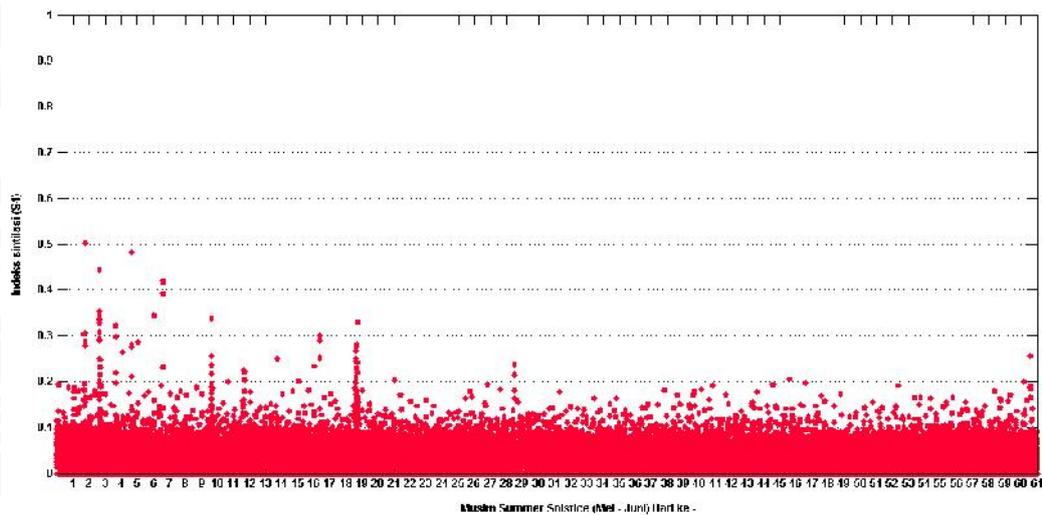
Berdasarkan studi-studi sebelumnya, kemunculan sintilasi memiliki variasi musiman. Variasi kejadian sintilasi ionosfer akan disajikan dalam musiman berdasarkan kedudukan matahari yang relatif terhadap bumi yaitu *summer solstice*, *winter solstice*, dan *equinox*.



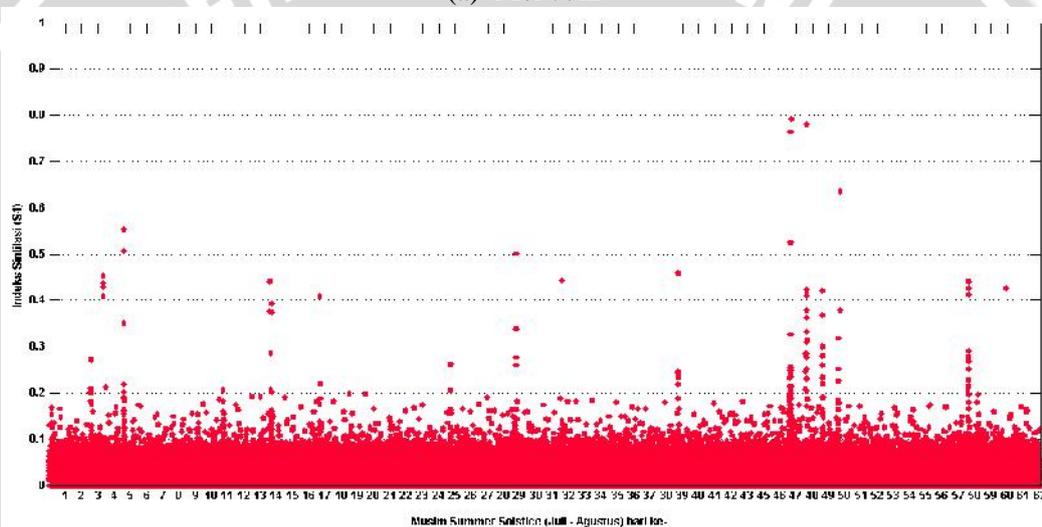
Gambar 4.2 *Solstice and equinox seasons*
(Sumber : www.scholastic.com)

Summer solstice terjadi di bulan Mei, Juni, Juli dan Agustus ketika kedudukan matahari berada dibagian utara bumi. Kemunculan fenomena sintilasi ionosfer pada musim ini diperlihatkan seperti pada Gambar 4.3.

Secara umum, karakteristik kemunculan sintilasi ionosfer pada musim *summer solstice* bulan Mei-Juni ditunjukkan pada Gambar 4.3 (a) dan dikategorikan sebagai sintilasi lemah dengan ditunjukkan indeks sintilasi $S_4 < 0.5$ dan hampir tidak terlihat adanya hari yang mengalami sintilasi kuat dengan indeks sintilasi $S_4 > 0.5$. Sedangkan, karakteristik sintilasi ionosfer pada musim *summer solstice* bulan Juli-Agustus diperlihatkan pada Gambar 4.3 (b) dan dikategorikan sebagai sintilasi kuat dengan nilai indeks sintilasi $S_4 > 0.5$ dan mencapai nilai indeks sintilasi S_4 sekitar 0.8. Namun hal tersebut tidak terjadi pada setiap hari di bulan tersebut.



(a) Mei-Juni



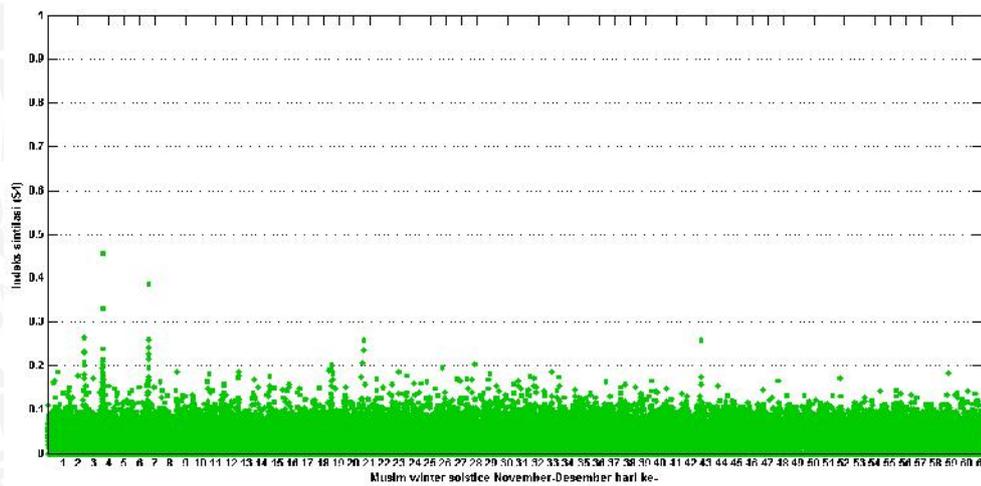
(b) Juli-Agustus

Gambar 4.3. Kemunculan sintilasi ionosfer pada musim *summer solstice*

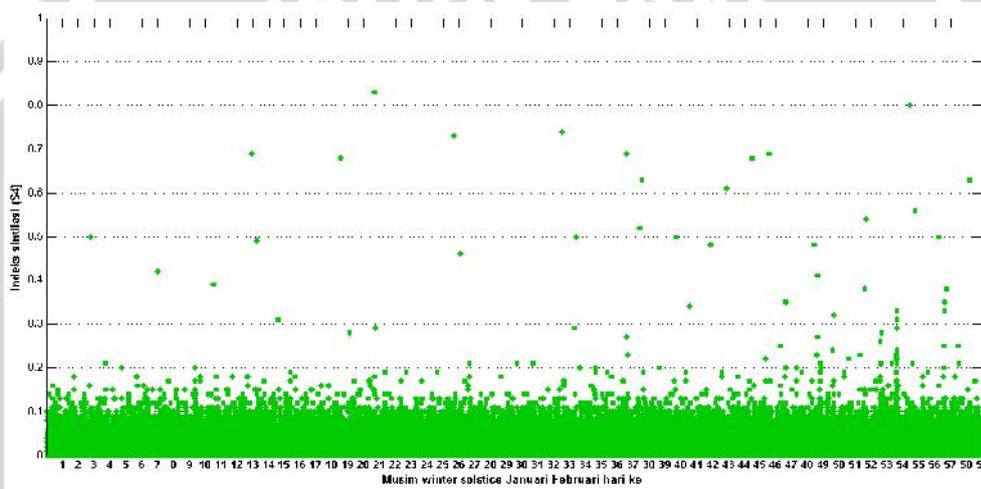
Winter solstice terjadi di bulan November, Desember, Januari dan Februari ketika kedudukan matahari berada dibagian selatan bumi. Kemunculan fenomena sintilasi ionosfer pada musim ini diperlihatkan seperti pada Gambar 4.4.

Secara umum, karakteristik kemunculan sintilasi ionosfer pada bulan November-Desember dikategorikan sintilasi lemah dengan ditunjukkan indeks sintilasi $S_4 < 0.3$ dan hampir tidak terlihat adanya hari yang mengalami sintilasi kuat $S_4 > 0.5$.

Sedangkan pada Januari-Februari pada Gambar 4.4 (b) kemunculan sintilasi ionosfer, ada beberapa hari yang terjadi sintilasi kuat $S_4 > 0.5$. Pada *solstice* ini, matahari berada pada posisi sebelah selatan, sedangkan posisi *receiver* (Cibinong) juga berada pada posisi selatan, sehingga pada bulan-bulan ini kemunculan sintilasi lebih tinggi, dibandingkan dengan saat posisi kedudukan matahari berada di utara.



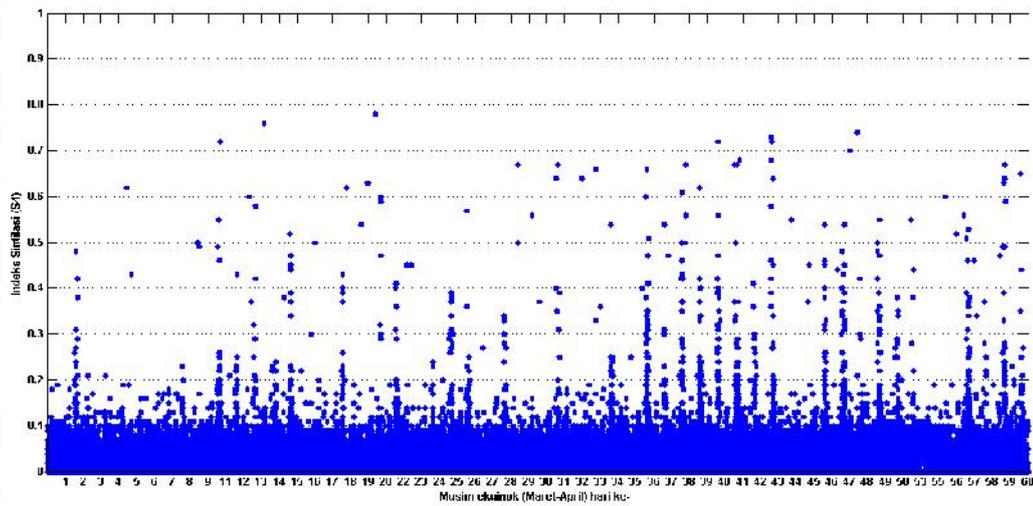
(a) November-Desember



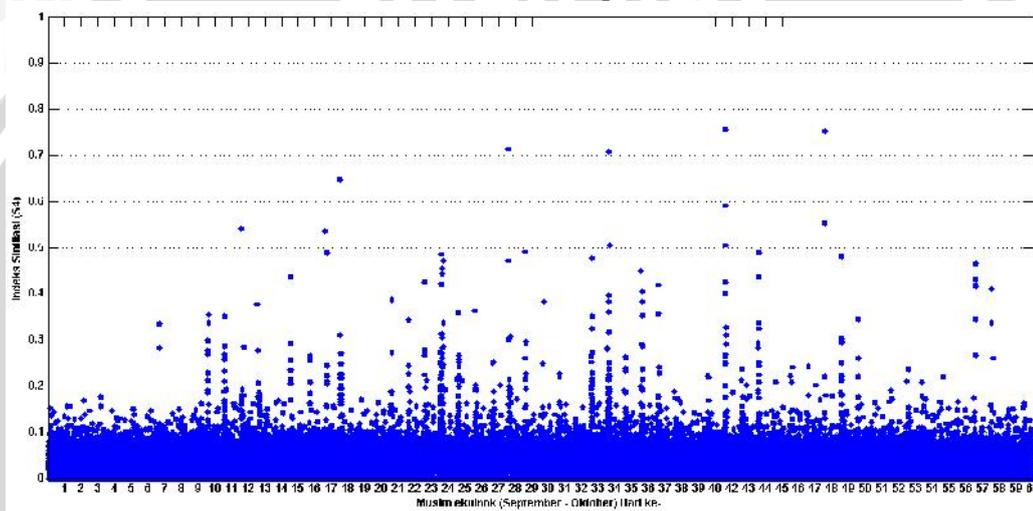
(b) Januari-Februari

Gambar 4.4. Kemunculan sintilasi ionosfer pada musim *Winter solstice*

Equinox terjadi di bulan Maret, April, September dan Oktober ketika kedudukan matahari berada dibagian ekuator bumi. Kemunculan fenomena sintilasi ionosfer pada musim ini diperlihatkan seperti pada Gambar 4.5. Karakteristik sintilasi ionosfer yang terjadi pada musim ekuinok dikategorikan sintilasi kuat $S_4 > 0.5$ dan terjadi disetiap hari pada kedua bulan tersebut. Bila melihat dari kedua gambar, kemunculan sintilasi ionosfer yang terjadi pada bulan Maret-April relatif lebih intens dibanding bulan September–Oktober dikarenakan aktivitas matahari meningkat pada saat bulan-bulan tersebut sehingga gangguan di lapisan ionosfer lebih dominan.



(a) Maret-April



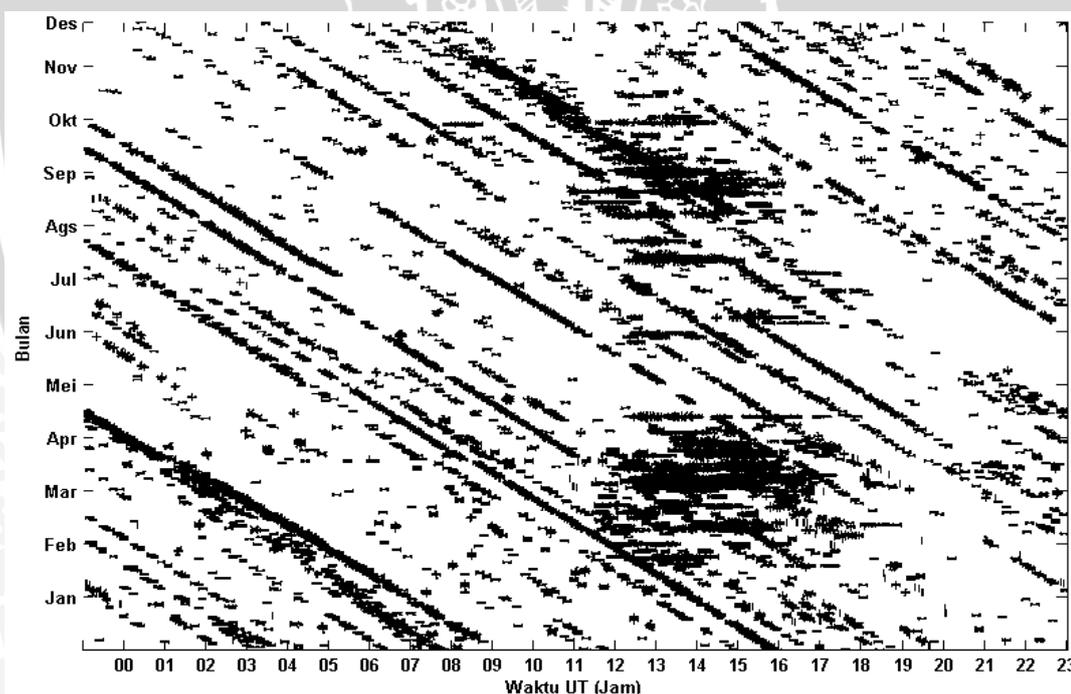
(b) September-Oktober

Gambar 4.5. Kemunculan sintilasi ionosfer pada musim *equinox*

Dari keseluruhan musim, kejadian sintilasi didominasi pada bulan *equinox*. Dimana pengaruh musim ekuinoks juga terjadi saat aktivitas matahari minimum. Peningkatan sintilasi ionosfer di bulan *equinox* terkait dengan terminator matahari (*solar terminator*) dan meridian medan magnet. Dilaporkan oleh Tsunoda (1985) bahwa selama musim *equinox*, terminator matahari sejajar dengan meridian magnetik. Keadaan ini menurunkan konduktivitas lapisan E yang secara magnetis adalah konjugasi lapisan F, melalui garis medan magnet yang menghubungkan lapisan E dengan lapisan F daerah ekuator di sisi yang lain. Kesejajaran ini selain menyebabkan penurunan konduktivitas daerah E, juga terbentuk medan listrik *dynamo daerah F* dan pada gilirannya akan menghasilkan arus ke atas *drift E x B* di lapisan F ekuator. Kondisi ini membangkitkan gangguan plasma selama bulan-bulan ekuinoks (Asnawi, 2013).

4.1.3 Kejadian Sintilasi Ionosfer dalam Satu Tahun

Selanjutnya data penelitian disajikan pada Gambar 4.6 dengan menampilkan kemunculan sintilasi dalam bentuk kontur selama satu tahun pengamatan yaitu periode Tahun 2013. Pada gambar tersebut dapat terlihat contoh kasus kemunculan sintilasi pada pengamatan dari bulan Januari hingga Desember. Dimana, sintilasi kuat banyak terjadi pada bulan Maret hingga April dan September hingga Oktober. Seiring dengan menurunnya aktivitas matahari di Tahun 2013, kemunculan sintilasi masih didominasi oleh musim *equinox*. Meski agak samar, namun terlihat bahwa pada bulan-bulan *equinox* kejadian sintilasi relatif lebih tinggi dibanding bulan-bulan lainnya. Dua daerah dengan kemunculan sintilasi ionosfer yang paling sering adalah daerah kutub dan ekuator. Secara global daerah sintilasi dapat dibagi menjadi tiga, yaitu daerah khatulistiwa yang meliputi daerah selebar $\pm 20^\circ$ di sekitar khatulistiwa, daerah sekitar kutub dan daerah lintang menengah. Untuk wilayah Indonesia, sintilasi ionosfer akan sering terjadi pada bulan-bulan ekuinok. Karena, Indonesia merupakan wilayah yang dilewati garis khatulistiwa.



Gambar 4.6. Kemunculan sintilasi selama satu tahun pada 2013

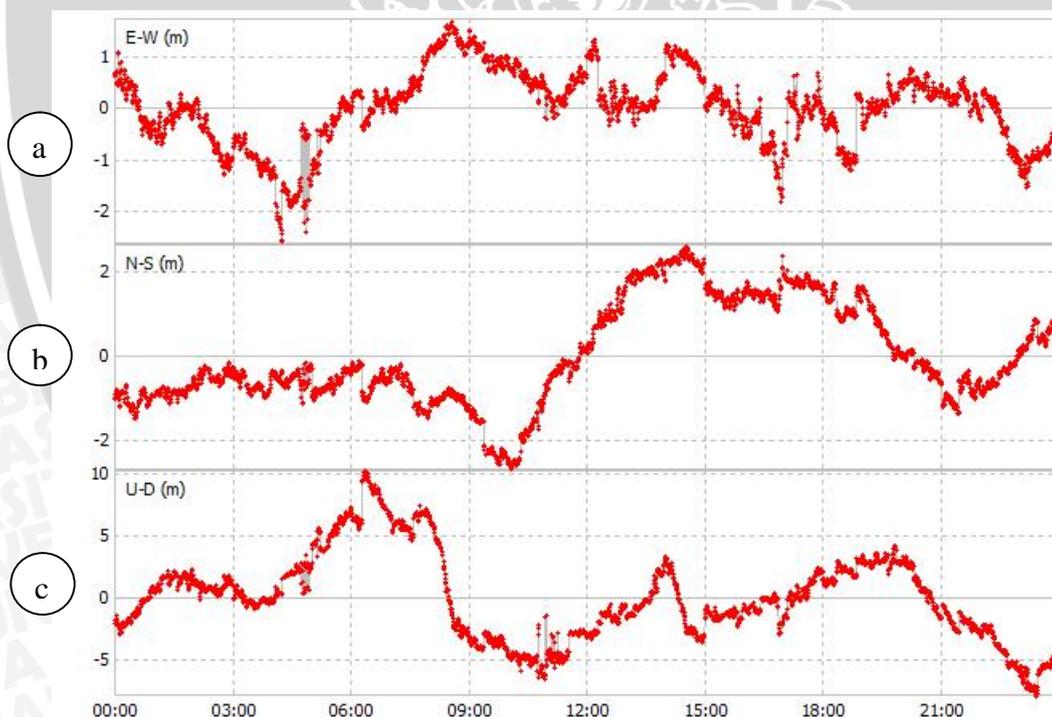
Berdasarkan penelitian (Asnawi, 2013) tentang “Analisis Statistik Kemunculan Sintilasi Ionosfer Daerah Lintang Rendah Indonesia Berdasarkan Data Pengamatan di Stasiun Kototabang” memaparkan bahwa hasil statistik kemunculan sintilasi selama lima tahun dari Tahun 2008 hingga 2012 pengamatan diperoleh kemunculan sintilasi

meningkat seiring dengan meningkatnya aktivitas matahari. Dan nilai sintilasi tertinggi terjadi di seluruh bulan pada Tahun 2011 dan 2012. Bila melihat dari data statistik tersebut, kejadian sintilasi ionosfer pada tahun 2013 ini menurun bila dibandingkan dengan tahun 2011 dan 2012. Menurunnya tingkat kemunculan sintilasi pada tahun 2013 ini diiringi dengan menurunnya pula aktivitas matahari.

4.2 Analisis Data Posisi Penerima GPS Bako Stasiun Tetap Cibinong

Analisis kesalahan posisi dari pengukuran GPS yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan data GPS frekuensi ganda yaitu data observasi dan navigasi GPS BAKO stasiun tetap Cibinong BIG dengan lintang dan bujur (-6.49° LS, 106.84° BT). Data yang dianalisis yaitu data posisi dan *ground track* GPS BAKO pada tanggal 9 Januari 2013 dan tanggal 9 April 2013 sesuai dengan kasus yang diperlihatkan pada Gambar 4.1 Berikut akan dijelaskan pada bagian dibawah ini.

4.2.1. Analisis Data Posisi Dari *Plotting* Menggunakan *Software* RTKlib Berdasarkan Data *Ground Track* dan Navigasi

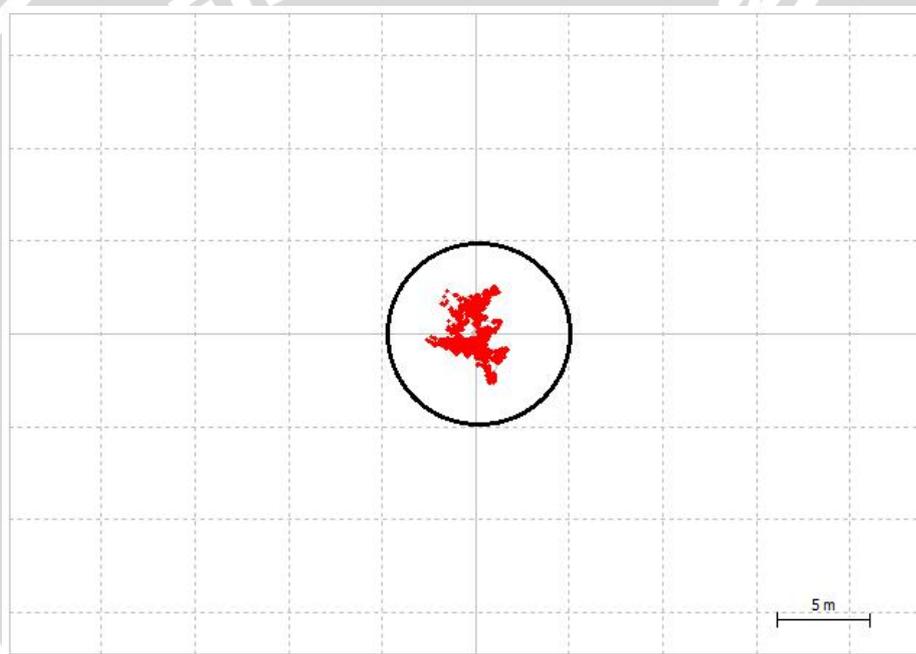


Gambar 4.7 Kesalahan pengukuran posisi absolut dari *receiver* Cibinong pada tanggal 9 Januari

Kesalahan pengukuran posisi absolut dari *receiver* Cibinong pada tanggal 9 Januari, ditunjukkan pada Gambar 4.7. Pada tanggal tersebut kejadian sintilasi ionosfer sangat minimum seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1 (a) dimana nilai indeks sintilasi $S_4 < 0.2$. Hasil analisis posisi pada Gambar 4.7 (a) timur-barat (E-W) pada saat posisi

receiver atau penerima selama jejak rekam 24 jam pengamatan menunjukkan tingkat kesalahan posisinya dibawah 2 meter. Kemudian Gambar 4.7 (b) analisis posisi utara-selatan (N-S) dengan tingkat kesalahan juga dibawah 2 meter. Sedangkan kesalahan vertikal mencapai 10 meter ditunjukkan pada Gambar 4.7 (c).

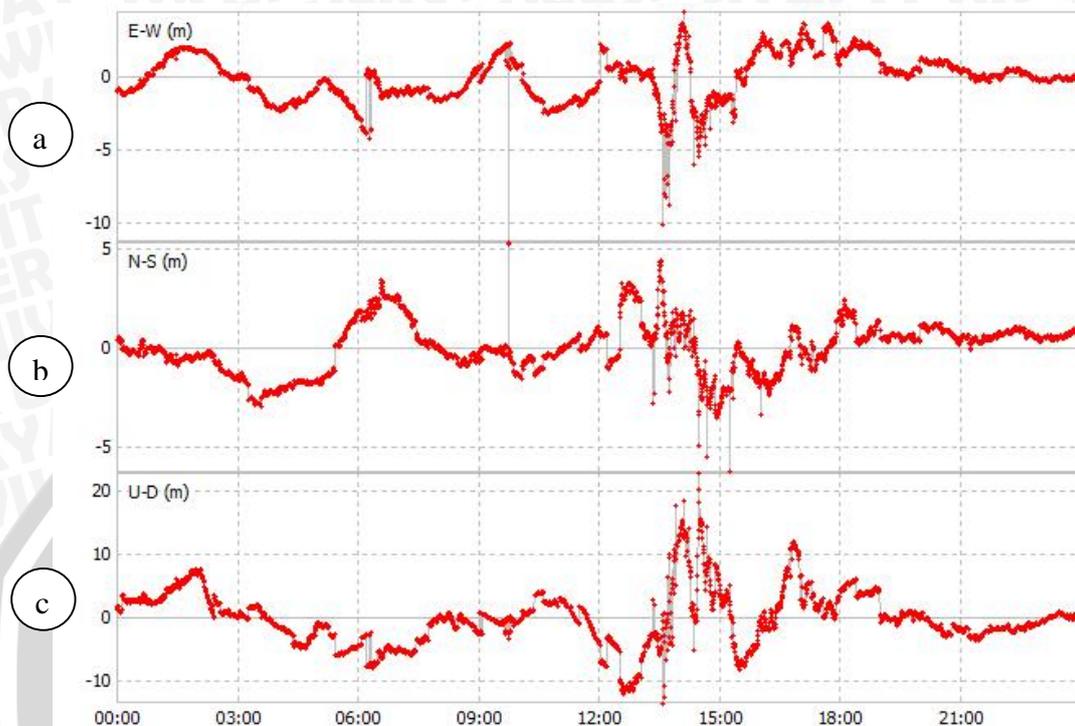
Pada Gambar 4.8 adalah kesalahan pengukuran bila dilihat dari data pengamatan *ground track* selama 24 jam pengamatan *receiver* pada tanggal 9 januari 2013 dimana terjadi sintilasi lemah sehingga akurasi posisinya masih dibawah 5 meter. Batas kesalahan pengukuran maksimal diambil 5 meter dengan ditunjukkan pada tanda lingkaran. Artinya dengan kondisi tersebut, kejadian sintilasi ionosfer tidak terlalu berpengaruh terhadap pengukuran posisi GPS pada posisi absolut.



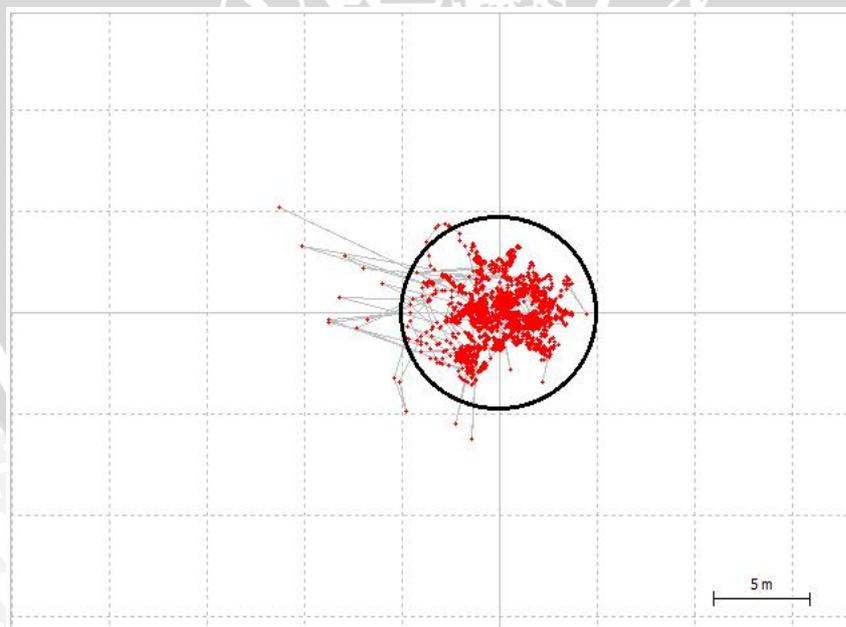
Gambar 4.8. Kesalahan Pengukuran dari data *Ground track* selama 24 jam pengamatan posisi absolut *receiver* pada 9 januari 2013

Kesalahan pengukuran posisi absolut dari *receiver* Cibinong pada tanggal 9 April, ditunjukkan pada Gambar 4.9. Pada tanggal tersebut kejadian sintilasi ionosfer kuat terjadi pada jam 14.00 UT hingga 17.00 UT atau sekitar pukul 21:00 WIB hingga 24:00 WIB dengan indeks sintilasi seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1 (b) dimana nilai indeks sintilasi $S_4 > 0.5$. Hasil analisis posisi untuk tanggal 9 april ditunjukkan pada Gambar 4.9 (a) dengan kesalahan timur-barat (E-W) pada saat posisi *receiver* atau penerima selama jejak rekam 24 jam pengamatan menunjukkan tingkat kesalahan posisinya mencapai 10 meter.

Kemudian Gambar 4.9 (b) analisis posisi utara-selatan (N-S) dengan tingkat kesalahan mencapai 5 meter. Sedangkan kesalahan vertikal mencapai 20 meter yang ditunjukkan pada Gambar 4.9 (c).



Gambar 4.9 Kesalahan pengukuran posisi absolut dari *receiver* Cibinong pada tanggal 9 April



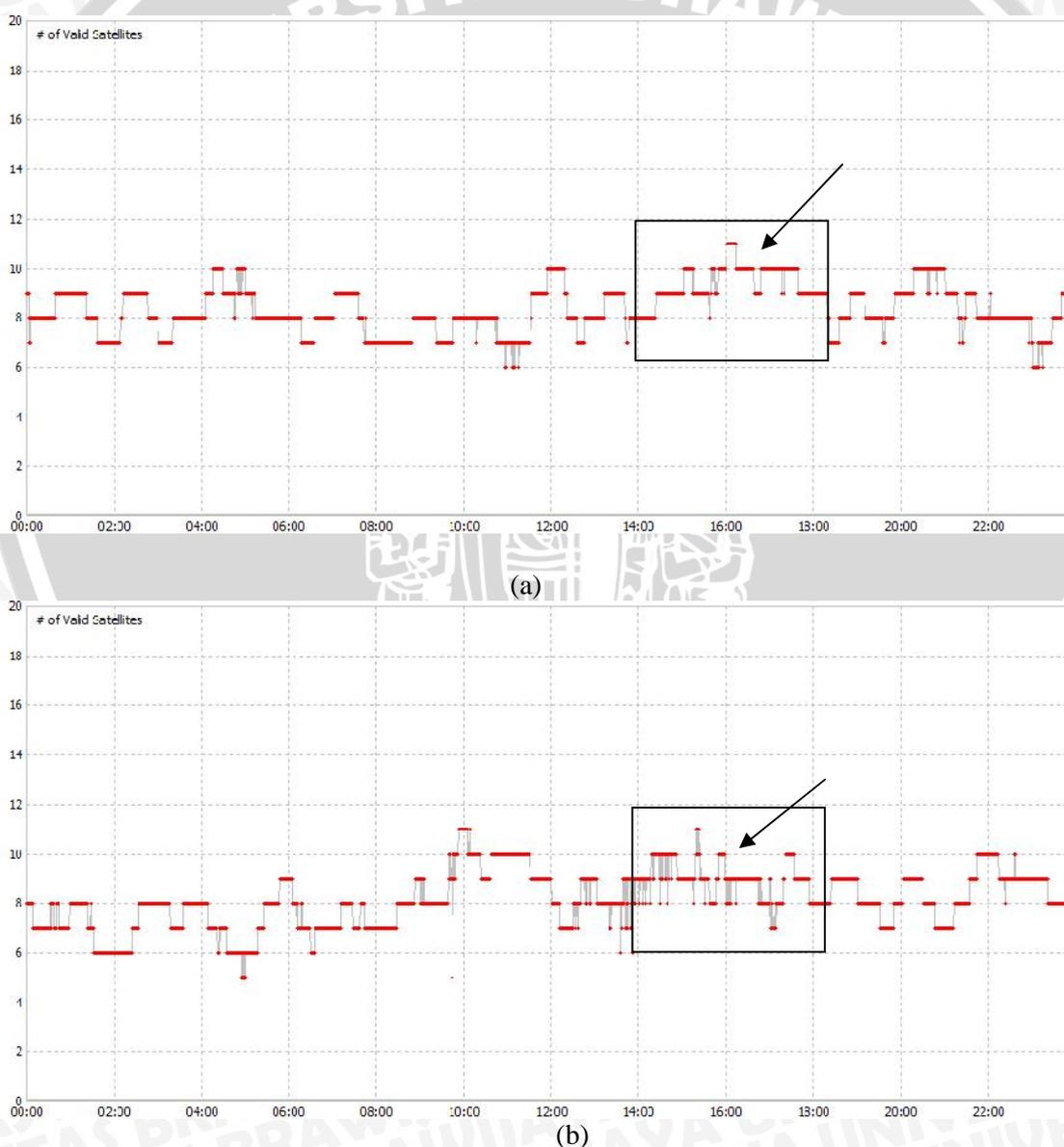
Gambar 4.10 Kesalahan Pengukuran dari data *Ground track* selama 24 jam pengamatan posisi absolut *receiver* pada 9 April 2013

Pada Gambar 4.10 adalah kesalahan pengukuran posisi bila dilihat dari data *ground track* posisi selama 24 jam pengamatan *receiver* pada tanggal 9 April 2013. Batas kesalahan pengukuran posisi maksimal diambil 5 meter dengan ditunjukkan pada

tanda lingkaran. Pada gambar, beberapa *ground track* keluar dari batas lingkaran dan kesalahan *ground track* mencapai 12 meter. Kesalahan yang mencapai 12 meter dapat mempengaruhi informasi pengukuran posisi yang diterima oleh *receiver*.

4.2.2. Analisis Akurasi Pengukuran Posisi Berdasarkan Jumlah Satelit yang Terlacak *Receiver* Perwaktu.

Bila dilihat dari satelit yang tertangkap sinyalnya oleh *receiver* saat terjadi sintilasi maupun saat sintilasi lemah diperlihatkan pada Gambar 4.11. 4.11 (a) adalah jumlah satelit valid yang terlacak oleh penerima dalam pengukuran posisi absolut pada tanggal 9 Januari (saat sintilasi lemah) dan 9 April (saat terjadi sintilasi kuat) ditunjukkan pada Gambar 4.11 (b).

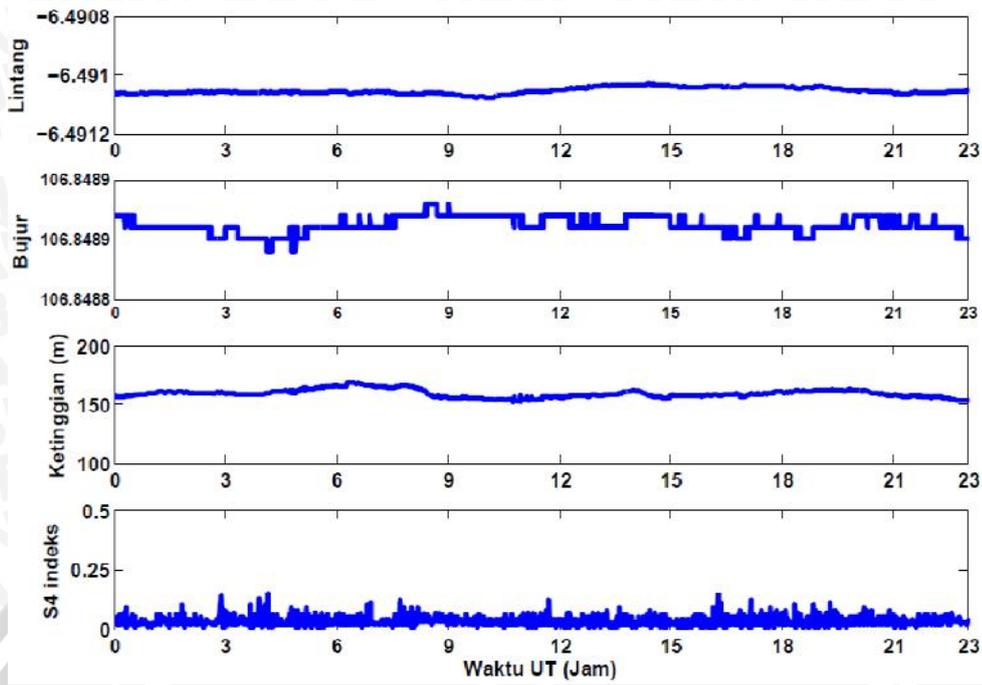


Gambar 4.11 Jumlah satelit valid yang tertangkap oleh *receiver* dalam pengukuran posisi absolut yaitu (a) saat sintilasi lemah pada 9 Januari dan (b) saat terjadi sintilasi kuat 9 April

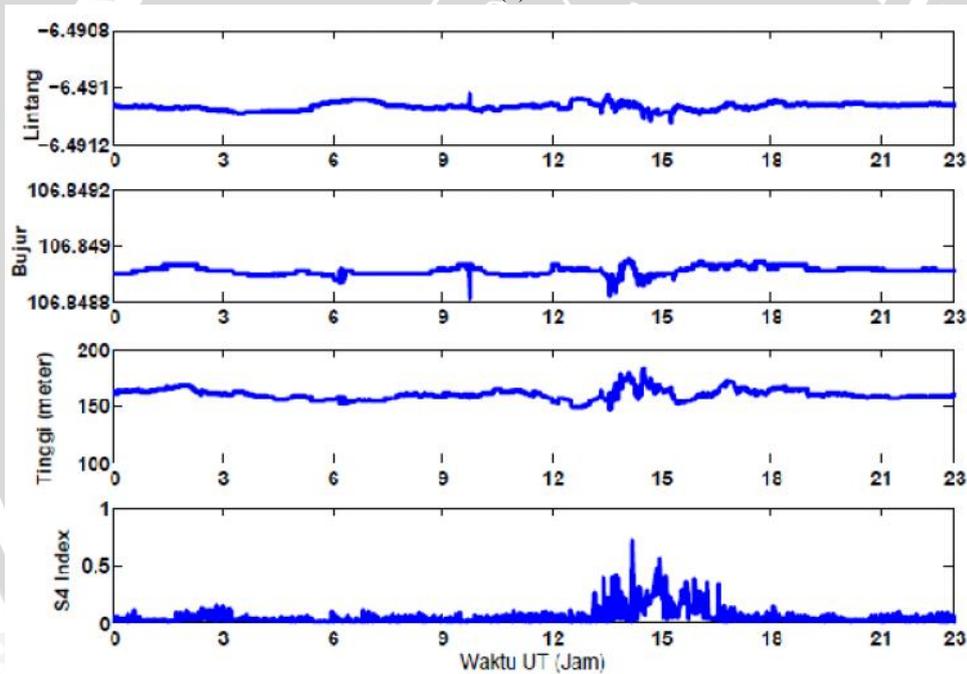
Pada Gambar 4.11 (a) dan (b) yang ditandai dengan kotak hitam menunjukkan *range* waktu pada hari itu dimana sintilasi ionosfer terjadi. Sumbu horisontal menyatakan nomor satelit dan sumbu vertikal menyatakan waktu (UT). Kesalahan pengukuran yang terjadi pada 9 April disebabkan karena jumlah satelit yang berkontribusi pada pengukuran posisi absolut lebih sedikit daripada saat sintilasi lemah seperti pada tanggal 9 Januari. Total satelit pada tanggal 9 Januari dalam *range* waktu jam 14.00 UT hingga 17.00 UT atau sekitar pukul 21:00 WIB hingga 24:00 WIB adalah 4541 satelit yang valid. Sedangkan total satelit pada tanggal 9 April dalam *range* waktu sekitar pukul 14:00 UT hingga 17:00 UT atau sekitar pukul 21:00 WIB hingga 24:00 WIB adalah 4322 satelit yang valid. Artinya, bila dibandingkan dari kedua kasus tersebut, kasus kemunculan sintilasi pada tanggal 9 Januari lebih banyak satelit GPS yang tertangkap dibandingkan tanggal 9 April, total sekitar 219 satelit. Karena adanya sintilasi ionosfer yang terjadi pada tanggal 9 April, banyak sekali satelit GPS yang tidak tertangkap sinyalnya pada *receiver* yang kemungkinan besar terjadi akibat terjadinya *loss of lock*, *cycle slip* ataupun gangguan seperti fading pada daya sinyal satelit yang dikirimkan ke *receiver*.

4.2.3. Analisis Akurasi Posisi Pada Lintang (*Latitude*), Bujur (*Longitude*), dan Ketinggian (*Altitude*)

Gambar 4.12 menunjukkan data posisi yang dilaporkan oleh GPS BAKO Badan Informasi Geospasial Stasiun Tetap Cibinong pada tanggal 9 Januari dan 9 April 2013. Pada contoh kasus tanggal 9 Januari Gambar 4.12 (a) saat indeks sintilasi $S_4 < 0.2$, tidak menunjukkan gangguan akurasi pada lintang, bujur dan ketinggiannya. Sedangkan pada Gambar 4.12 (b) menunjukkan adanya gangguan akurasi baik pada lintang, bujur, maupun ketinggiannya ketika sintilasi kuat terjadi sekitar pukul 14:00 UT hingga 17:00 UT atau sekitar pukul 21:00 WIB hingga 24:00 WIB. Dengan merujuk pada data Gambar 4.1, diketahui bahwa indeks sintilasi S_4 saat itu mencapai 0.75. Pada analisa ini, nilai indek sintilasi S_4 tertinggi diukur oleh penerima untuk setiap satelit dengan sudut elevasi 30° terhadap waktu. Jadi, dalam semua kasus dapat disimpulkan bahwa kejadian sintilasi tidak dapat diprediksi, karena sintilasi tidak selalu muncul setiap hari dan pengaruhnya terhadap kesalahan pengukuran posisi dapat terjadi bila nilai indeks sintilasi $S_4 > 0.5$.



(a)

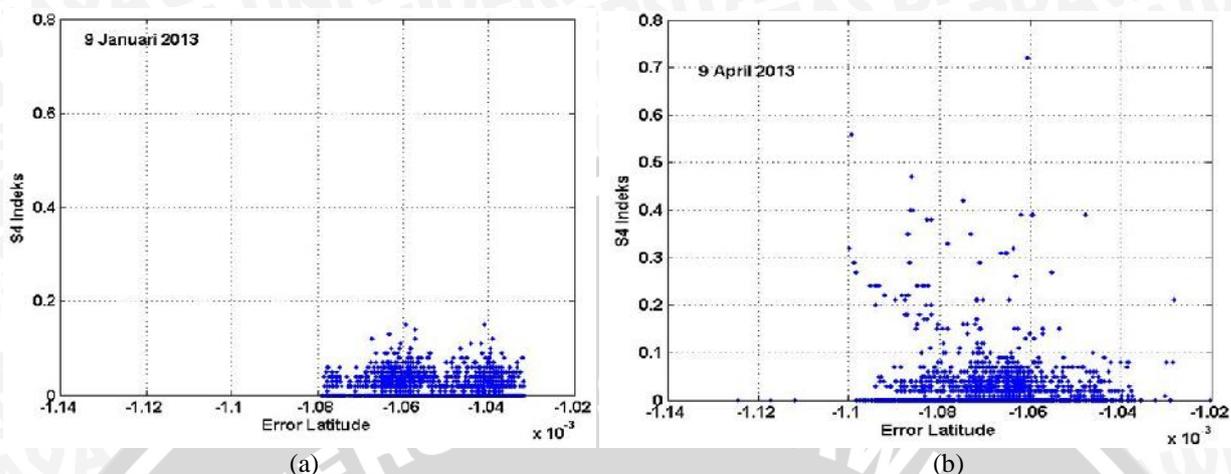


(b)

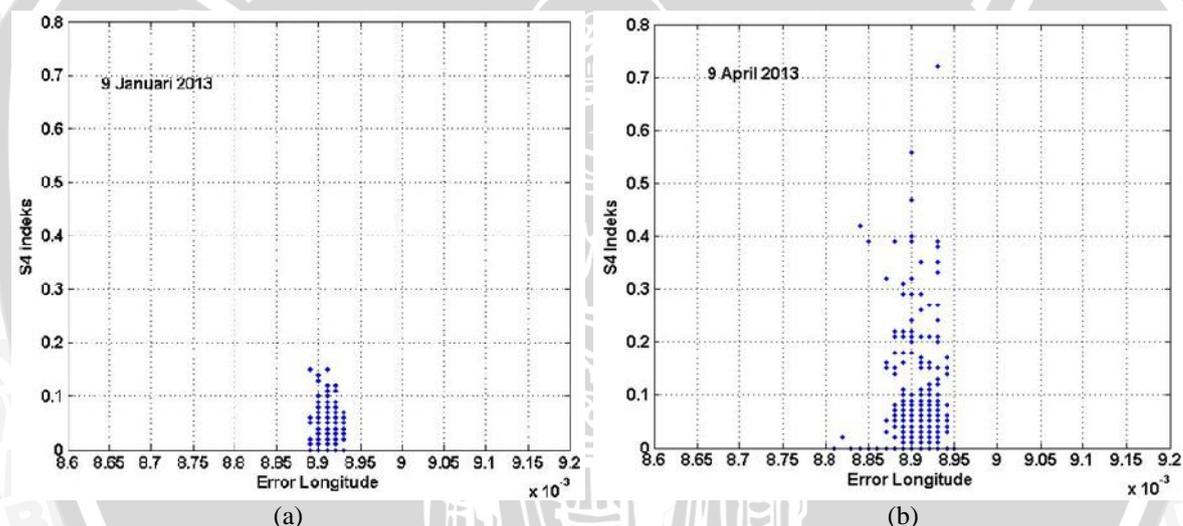
Gambar 4.12 Kesalahan pengukuran posisi GPS receiver Cibinong untuk akurasi posisi untuk lintang (*latitude*), bujur (*longitude*), dan ketinggian (*altitude*) (a) Saat sintilasi lemah pada 9 Januari dengan nilai indeks $S_4 < 0.2$ (b) Saat terjadi sintilasi kuat pada 9 April dengan nilai indeks $S_4 > 0.5$

Pada Gambar 4.13 menunjukkan kesalahan pengukuran posisi garis lintang (*latitude*) berdasarkan pengaruh dari sintilasi ionosfer yang direpresentasikan oleh nilai indeks S_4 . Titik posisi penerima GPS Cibinong berada pada lintang dan bujur (-6.49° LS, 106.84° BT). Saat terjadi sintilasi lemah dengan nilai indeks $S_4 < 0.2$ pada 9 Januari kesalahan pengukuran posisi garis lintangnya mengalami pergeseran ke arah selatan sebesar -0.00103° dari -6.49106° LS bergeser ke -6.49103° BT. Sedangkan pada 9 April

saat indeks sintilasi $S_4 > 0.5$ kesalahan pengukuran posisi garis lintangnya mengalami pergeseran mencapai -0.0011° yang semakin ke arah selatan dari posisi sebenarnya.



Gambar 4.13 Kesalahan pengukuran posisi pada garis lintang (*latitude*) dengan melihat variasi nilai indeks S_4 (a) saat terjadi sintilasi lemah pada 9 Januari dan (b) sintilasi kuat pada 9 April 2013

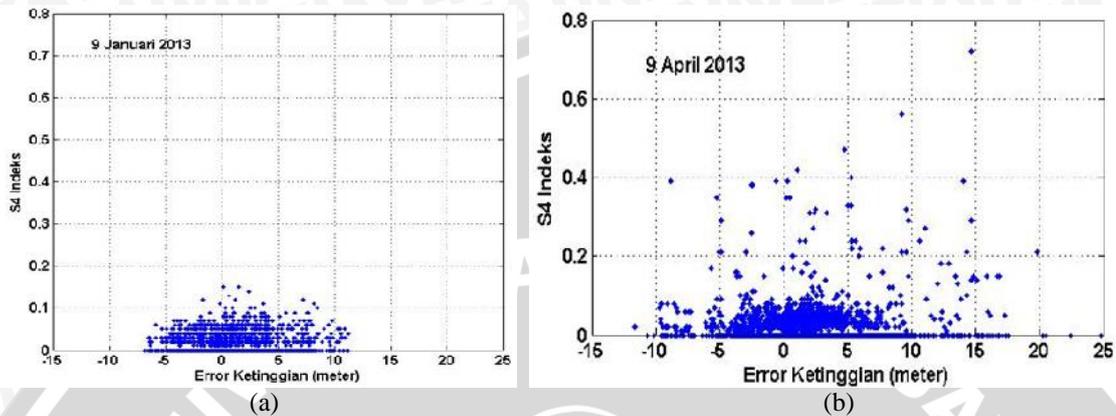


Gambar 4.14 Kesalahan pengukuran posisi garis bujur (*longitude*) dengan melihat variasi nilai indeks S_4 (a) saat terjadi sintilasi lemah pada 9 Januari dan (b) sintilasi kuat pada 9 April 2013

Pada Gambar 4.14 menunjukkan kesalahan pengukuran posisi garis bujur (*longitude*) berdasarkan pengaruh dari sintilasi ionosfer yang direpresentasikan oleh nilai indeks S_4 . Saat terjadi sintilasi dengan nilai indeks $S_4 < 0.2$ kesalahan pengukuran posisi garis bujurnya bergeser 0.0088° ke arah timur dari posisi sebenarnya 106.84491° BT bergeser ke 106.83598° BT. Sedangkan saat sintilasi kuat dengan nilai indeks $S_4 > 0.5$ kesalahan pengukuran posisi garis bujurnya mengalami pergeseran mencapai 0.00894° ke arah timur dari posisi sebenarnya 106.84491° BT bergeser ke 106.83597° BT.

Pada Gambar 4.15 menunjukkan kesalahan pengukuran posisi ketinggian (*altitude*) berdasarkan pengaruh dari sintilasi ionosfer yang direpresentasikan oleh nilai

indeks S_4 . Posisi ketinggian titik Cibinong berada pada 158.11598 km, saat terjadi sintilasi dengan nilai indeks $S_4 < 0.2$ pada 9 Januari kesalahan pengukuran *altitude* atau ketinggiannya mencapai kurang dari 5 meter. Sedangkan pada 9 April saat indeks sintilasi $S_4 > 0.5$ kesalahan pengukuran ketinggiannya mencapai 20 meter.



Gambar 4.15 Kesalahan pengukuran posisi ketinggian (*altitude*) dengan melihat variasi nilai indeks S_4 (a) saat terjadi sintilasi lemah pada 9 Januari dan (b) sintilasi kuat pada 9 April 2013

