

RAIM DALAM RANGKA MENDUKUNG IMPLEMENTASI SISTEM NAVIGASI PENERBANGAN BERBASISKAN SATELIT DI INDONESIA (RAIM IN THE IMPLEMENTATION OF SATELLITE BASED NAVIGATION IN INDONESIAN AIR TRAFFIC MANAGEMENT)

Reza Septiawan, Bayu Sutedjo, Afrias Sarotama

Perekayasa BPPT

e-mail: reza.septiawan@bppt.go.id

ABSTRACT

Receiver Autonomous Integrity Monitoring (RAIM) is a method to monitor the integrity of GPS using measurement to redundant satellites on the receiver side. Commonly 2 algorithms are used to perform RAIM, i.e. snapshot method and sequential method. In snapshot method, single set measurement of GPS signal is used, meanwhile in sequential method several sets of measurements (past and current) GPS signal are used. Therefore, the sequential method has the capacity to detect position failure due to low fault to noise ratio. The low fault to noise ratio is mostly caused by the satellite's position at the time of position measurement. RAIM is very useful for GPS users to be able to determine whether the GPS can give accurate position, based on its satellite's positions, satellite's service life or error in the receivers. Such accuracy is important especially for the use in GPS navigation system in Air Traffic Management (ATM). The disturbance can also be caused by ionospheric condition. In order to support the use of GPS navigation system in ATM in Indonesia, Communication Navigation Surveillance-ATM (GPS CNS-ATM) team of BPPT perform simply RAIM assessment that can be informed to the flightcrew or Air Traffic Center, to be informed via Notice To Air Men (NOTAM). The GPS signal observation is done in 5 different locations in Indonesia.

Keywords: *Air navigation system, GPS*

ABSTRAK

Receiver Autonomous Integrity Monitoring (RAIM) merupakan suatu metode untuk memonitor integritas dari satelit GPS dengan menggunakan pengukuran terhadap satelit-satelit GPS yang *redundant* pada *receiver* pengguna. Pada umumnya digunakan dua jenis algoritma untuk menjalankan fungsi RAIM tersebut yaitu *snapshot method* algoritma dan *sequential method* algoritma. Pada *snapshot method* digunakan *single set* pengukuran signal GPS secara simultan, sedangkan pada *sequential method* digunakan semua set pengukuran signal GPS meliputi *past* dan *current measurements*. Dengan demikian *sequential method* mempunyai kemampuan untuk mendeteksi kegagalan posisi yang disebabkan oleh rendahnya *fault to noise ratio*, dimana rendahnya *fault to noise ratio* sebagian besar disebabkan oleh posisi satelit yang kurang memadai untuk pengukuran lokasi. Oleh karenanya RAIM sangat dibutuhkan untuk dapat memberikan informasi kepada pengguna pelayanan GPS mengenai kondisi satelit GPS yang kurang memadai kondisinya untuk dapat digunakan dalam penentuan lokasi yang akurat, baik disebabkan oleh posisi satelit, masa service satelit, atau *error* pada *receivers*. Akurasi ini sangat dibutuhkan terutama pada penggunaan sistem navigasi GPS dalam *Air Traffic Management* (ATM). Keadaan ini dapat disebabkan oleh posisi satelit yang berdekatan satu sama lain ataupun karena kondisi ionosfer tertentu yang menyebabkan terganggunya proses akuisisi signal GPS. Dalam rangka mendukung penggunaan sistem navigasi GPS dalam ATM di Indonesia maka Tim GPS *Communication Navigation Surveillance-ATM* (CNS-ATM) BPPT melakukan pengkajian penggunaan sistem RAIM sederhana yang dapat diinformasikan pada awak pesawat ataupun *Air Traffic Center* dengan mengemasnya dalam *Notice To Air Men* (NOTAM) selain itu dilakukan pula pemantauan pada penerimaan signal GPS di 5 lokasi Indonesia.

Kata kunci: *Sistem navigasi penerbangan, GPS*

1 PENDAHULUAN

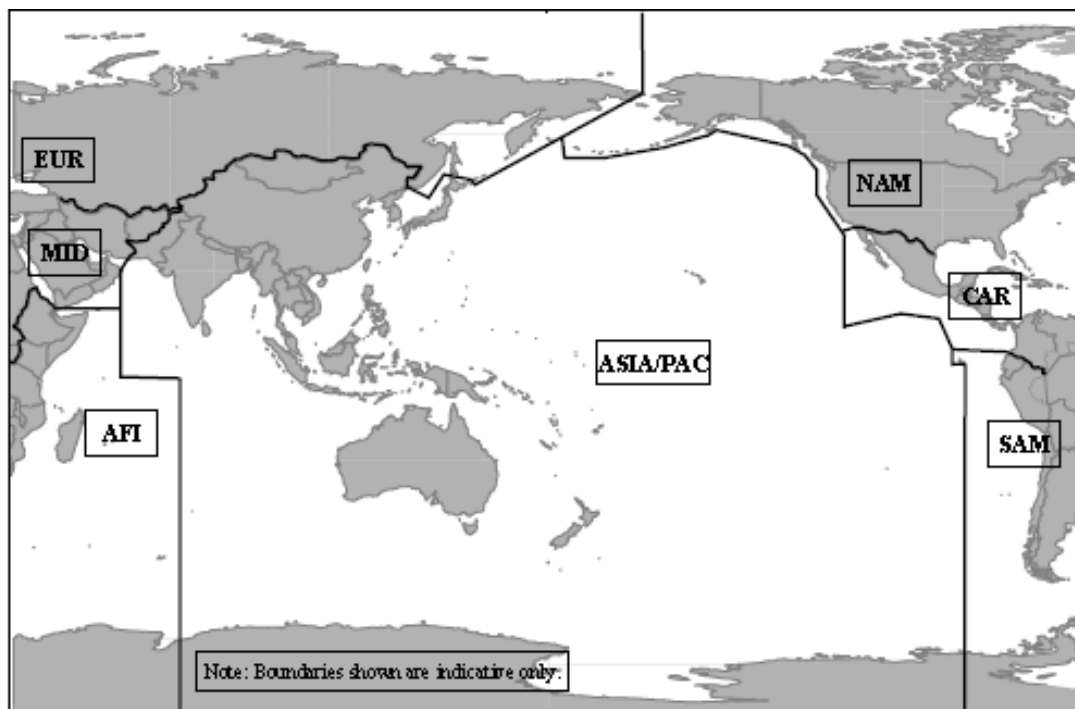
Sistem navigasi di pesawat saat ini masih belum sepenuhnya menggunakan sistem navigasi GPS, dikarenakan belum diperoleh kepastian akan ketersediaan signal GPS secara terus menerus serta akurasi yang memadai untuk penggunaannya dalam sistem navigasi di pesawat. Dalam rangka memperoleh kepastian akan ketersediaan sistem navigasi GPS, maka industri penerbangan internasional telah mendefinisikan RAIM sebagai bagian dari *GPS constellation model* untuk memverifikasi dan mengevaluasi performa dari perangkat GPS. Oleh karenanya RAIM menjadi salah satu parameter yang menentukan untuk pemanfaatan sistem navigasi berdasarkan satelit GPS.

Secara global penerbangan internasional di dunia dibagi menjadi 7 regional penerbangan *Europe (EUR)*, *Middle East (MID)*, *Africa (AFI)*, *Asia/pacific (ASIA/PAC)*, *Northern America (NAM)*, *Caribbean (CAR)*, *South America (SAM)* seperti terlihat pada Gambar 1-1.

Khusus untuk wilayah Asia Pasifik telah diberikan semacam panduan oleh *International Civil Aviation Organization Asia and Pacific Office (ICAO)* untuk transisi sistem navigasi dimana mencakup:

- *Global Navigation Satellite System (GNSS* termasuk GPS, Galileo, Compass, Glonass) akan diperkenalkan pada awalnya sebagai *supplement* pada navigasi *en-route* (ketinggian antara 26500 feet s/d 41500 feet) untuk kemudian digunakan secara mandiri pada sistem navigasi radio.
- Selama masa transisi infrastruktur yang digunakan pada sistem navigasi saat ini masih harus dipertahankan.

Negara/regional harus memperhatikan pembagian *traffic* penerbangan dan memberikan *route* yang lebih baik bagi pesawat yang memiliki *performance* navigasi pada pesawat (*on-board*) yang lebih baik. Selain itu, mereka harus berkoordinasi agar pemisahan standar dan prosedur dapat diperkenalkan secara simultan pada setiap fase penerbangan.



Gambar 1-1: Pembagian regional penerbangan internasional (sumber: ICAO, 2007[3])

Secara global direncanakan masa transisi sistem navigasi di Asia Pasifik, seperti terlihat pada Tabel 1-1, bahwa untuk wilayah Asia Pasifik navigasi penerbangan akan menggunakan baik GPS maupun GLONASS. Sedangkan untuk *Satellite Based Augmentation System* (SBAS) akan digunakan Inmarsat3, Optus-C dan MSAT.

Indonesia, telah memulai *trial* dan demonstrasi penerapannya pada tahun 1996 untuk *enroute* dan tahun 1998 untuk terminal, *non-precision approach* maupun *precision approach*. Sedangkan untuk implementasi telah dimulai pada tahun 2001 untuk *enroute*, *terminal* dan *non-precision approach* sedangkan untuk *precision approach*, dimulai pada tahun 2005. Beberapa implementasi telah dilaksanakan sesuai rencana, tetapi beberapa masih sedang dalam *progres*.

Tolok ukur yang digunakan untuk menentukan apakah GPS telah

dapat digunakan sebagai *navigation source* bagi pesawat didefinisikan oleh *commercial aviation industry* mencakup: **accuracy, integrity, continuity of service** dan **availability**. Algoritma dalam RAIM merupakan standar algoritma yang dikeluarkan industri dalam rangka memenuhi tolok ukur tersebut seperti didokumentasikan pada RTCA/DO-229 'Minimum Operational Performance Standards for Global Positioning System/ Wide Area Augmentation System Airborne Equipment'. Setiap pilot yang akan terbang dengan menggunakan *stand-alone* GPS diwajibkan untuk mengecek *availability* (ketersediaan signal GPS) dari RAIM untuk penerbangannya baik *route* maupun waktu penerbangan sebelum berangkat. Penerbangan tidak boleh dilakukan bila *stand-alone* GPS dengan kemungkinan *continous loss* dari RAIM lebih dari 5 menit untuk setiap bagian dari penerbangannya.

Tabel 1-1: RENCANA IMPLEMENTASI DAN DEMO SISTEM NAVIGASI BERBASISKAN GPS (sumber: ICAO,2007[3])

ASIA PACIFIC PLAN- Navigation system transition		1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
SATELLITE CAPACITY																
	GPS															
	GLONASS															
	SATELLITE OVERLAY	Global (Inmarsat3)														
							Australia (OPTUS C)									
							Japan (MSAT)									
TRIALS AND DEMONSTRATIONS																
Enroute	Australia															
	Indonesia															
	Malaysia															
Terminal	Australia															
	Indonesia															
	Malaysia															
Non-Precision Approach	Australia															
	Indonesia															
	Malaysia															
Precision Approach	Australia															
	Indonesia															
	Malaysia															
IMPLEMENTATION AND OPERATIONAL USE																
Enroute	Australia															
	Indonesia															
	Malaysia															
Terminal	Australia															
	Indonesia															
	Malaysia															
Non-Precision Approach	Australia															
	Indonesia															
	Malaysia															
Precision Approach	Australia															
	Indonesia															
	Malaysia															

Availability dari satelit dipengaruhi oleh lokasi satelit GPS itu relatif terhadap GPS users. Oleh karenanya, apabila akan dilakukan pengetesan terhadap sistem RAIM pada lokasi tertentu di Indonesia, diharapkan dapat diperoleh informasi mengenai GPS coverage di Indonesia utamanya terkait pengaruh ionosfer terhadap propagasi signal GPS. Pengaruh ionosfer ditentukan oleh konsentrasi dari Elektron dalam lapisan ionosfer yang disebut *Total Electron Content* (TEC). Oleh karenanya dalam melihat kondisi cakupan RAIM diperlukan informasi perihal TEC, GPS footprint, beserta *IONO correction grid* pada lokasi tertentu tersebut. Penerimaan sinyal GPS terutama pada saat akuisisi sinyal GPS bergantung pada TEC di atas lokasi pengetesan tersebut. Ionosfer mempengaruhi gelombang elektromagnetik yang dikirimkan oleh satelit GPS ke pengguna GPS berupa tambahan waktu tunda propagasi. Besarnya waktu tunda propagasi tersebut ditentukan oleh TEC dan frekuensi gelombang elektromagnetik yang digunakan. TEC adalah kandungan elektron total dalam suatu silinder berpenampang 1 meter persegi yang panjangnya sama dengan jarak dari satelit ke penerima GPS. Dalam kondisi normal, pengaruh ionosfer pada sinyal GPS berkisar antara beberapa meter sampai beberapa puluh meter. Pengaruh ionosfer saat ini merupakan sumber kesalahan yang terbesar dalam penentuan posisi dan navigasi GPS. Untuk mendapatkan penentuan posisi dengan presisi yang tinggi kesalahan yang bersumber dari ionosfer harus diestimasi agar dapat dieliminir dalam pengamatan GPS. Semakin tinggi kadar TEC, maka semakin besar kemungkinan gangguan pada *signal* yang dikirimkan oleh satelit GPS terutama pada jalur-jalur penerbangan yang padat.

Kondisi satelit pada umumnya diinformasikan dalam *almanac* data

yang dikirimkan oleh *Master Station* GPS ke seluruh satelitnya setiap 12.5 menit dan berisi perkiraan posisi seluruh satelit GPS dalam konstelasi GPS serta model dari atmosfernya. Sedangkan *ephemeris* data akan dikirimkan oleh setiap satelit secara terus menerus setiap 30 detik dan berisi secara detil kondisi satelit, posisi satelit tersebut di orbitnya dan sebagainya.

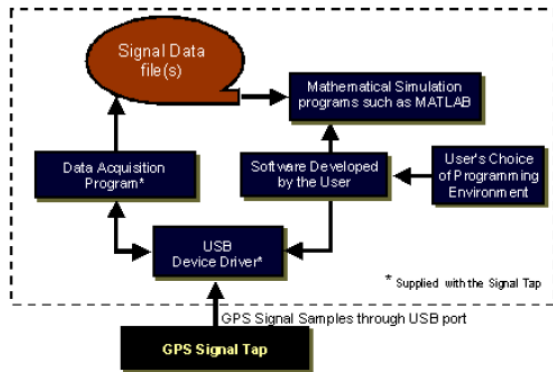
Dalam rangka mempersiapkan penerapan sistem navigasi GPS dalam ATM di Indonesia, maka GPS Group di BPPT melakukan pengkajian yang meliputi:

- **Signal in Space:** mempelajari karakteristik signal GPS serta sistem navigasi lainnya bila diterapkan dalam ATM di Indonesia dengan karakteristik atmosfer dan TEC yang spesifik di Indonesia, sehingga apabila akan melakukan monitoring terhadap integritas dari satelit navigasi dapat memperoleh keakuratan yang memadai untuk transportasi udara.
- **RAIM:** mempelajari algoritma yang dapat digunakan untuk memonitor integritas dari satelit-satelit GPS agar dapat memperoleh hasil yang maksimal. Pada tahap awal akan digunakan *almanac* sebagai input untuk penghitungan RAIM level di beberapa lokasi referensi penerbangan di wilayah Indonesia.
- **NOTAM interface:** mempelajari *interface* untuk mengirimkan informasi perihal kondisi RAIM pada *stakeholders* penerbangan di Indonesia. Sehingga 30 menit sebelum penerbangan dapat diperoleh informasi perihal *availability, integrity, continuity of service* dari satelit-satelit GPS pada rute penerbangan yang akan ditempuh. Dengan begitu, diharapkan dapat meningkatkan keselamatan penerbangan.

2 SIGNAL IN SPACE

Seperti disebutkan di atas, dengan mempelajari karakteristik *signal* GPS dengan *environment* yang spesifik di Indonesia diharapkan dapat meningkatkan

keakuratan, integritas, kesinambungan pelayanan dan ketersediaan dari Signal GPS di jalur penerbangan Indonesia. Pada saat ini mulai dilakukan pemantauan oleh Tim GPS *Communication Navigation Surveillance-ATM* (CNS-ATM) dengan menggunakan *receiver* GPS *Signal Tap* L1/L2 dari *Accord* dengan skema proses seperti Gambar 2-1.



Gambar 2-1: Skema proses pengolahan data yang diterima dari GPS *Signal Tap Accord* (sumber: manual *GPS Signal Tap*)

GPS *signal Tap* mengumpulkan data yang diterima oleh antenna GPS dengan dua pilihan:

- Secara *offline*: data signal GPS diterima dengan *sampling* 8MHz selama waktu tertentu untuk disimpan dalam *harddisk*. Setelah itu data tersebut dapat dianalisa dengan menggunakan *almanac* yang *download* dari internet. Hasilnya akan menunjukkan satelit-satelit GPS yang dapat digunakan untuk menentukan posisi *receiver*.

- Secara *realtime*: data signal GPS diterima langsung secara terus-menerus untuk diproses lebih lanjut dengan menggunakan modul *matlab*.

Pada saat ini Tim GPS CNS-ATM BPPT telah mencoba untuk mempelajari lebih dalam perihal signal yang dikeluarkan oleh GPS *Signal Tap* secara *offline* di dua lokasi yaitu Gedung BPPT Jakarta Pusat dan Cikopo Bogor. Pada Tabel 2-1 terlihat satelit-satelit GPS yang dapat diterima oleh GPS *Signal Tap* dengan informasi azimuth, *elevation* dan level C/N. Bila *level* C/N di atas 36dB-Hz maka *acquisition data signal* dapat digunakan untuk perhitungan lokasi.

Tahapan selanjutnya dibuat modul untuk mengekstraksi data navigasi dari output GPS *Signal Tap* terutama data *almanac* dan *ephemeris*. Data *ephemeris* akan memberikan informasi perihal *current status* dari satelit GPS secara rinci dan hanya dari satelit tertentu, sedangkan *almanac* data akan memberikan informasi perihal status seluruh satelit GPS yang ada. Selain itu, informasi perihal *ionospheric delay*, *clock error*, *bias* dan sebagainya. Akan dianalisa untuk digunakan dalam perhitungan RAIM *level*. Pengukuran dengan peralatan ini masih dalam tahap awal, sehingga masih harus dilakukan analisa yang lebih mendalam selanjutnya.

Tabel 2-1: HASIL ACQUISITION DATA SIGNAL DI DUA LOKASI JAKARTA DAN BOGOR

Jakarta				Bogor			
Sat_ID	azimuth	elevation	C/No	Sat_ID	azimuth	elevation	C/No
9	63	66	45.81	9	153	57	42.80
24	31	62	37.70	29	299	47	38.42
29	235	52	43.41	15	5	30	40.32
5	164	33	37.59	2	101	32	41.65
12	151	29	46.08	24	2	30	40.17
21	340	28	34.31	26	17	22	38.51

Receiver Autonomous Integrity Monitoring (RAIM)

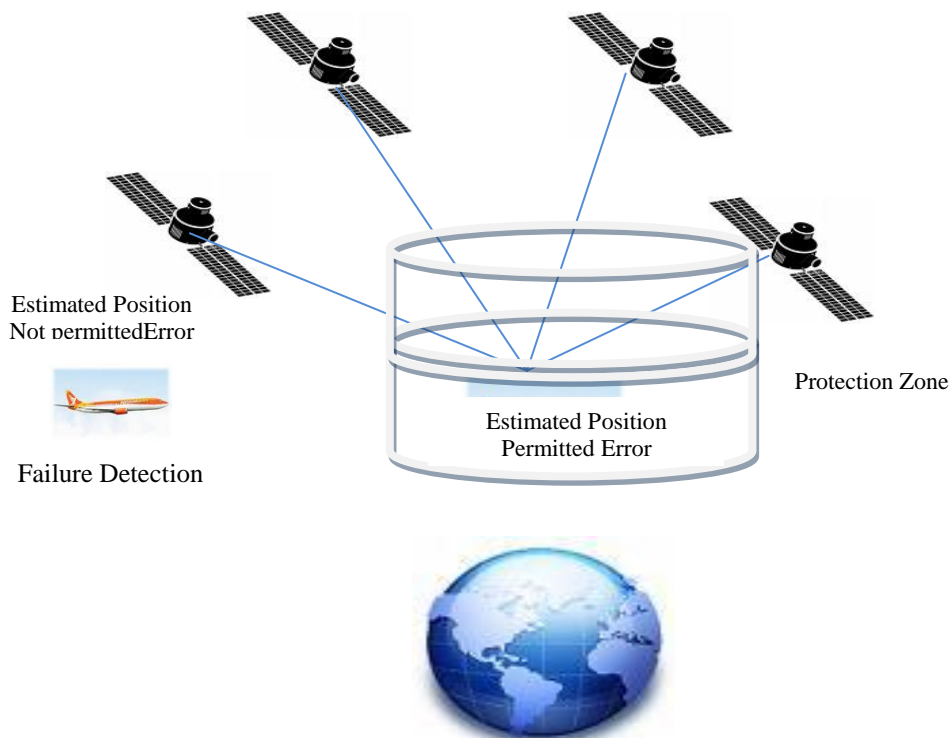
Setiap pilot yang akan terbang dengan menggunakan *stand-alone* GPS diwajibkan untuk mengecek *availability* dari RAIM untuk penerbangannya baik *route* maupun waktunya sebelum berangkat. Penerbangan tidak boleh dilakukan dengan *stand-alone* GPS bila kemungkinan *continous loss* dari RAIM lebih dari 5 menit untuk setiap bagian dari penerbangannya.

Dalam menghitung RAIM umumnya digunakan dua algoritma, *error detection* algoritma dan *geometry screening* algoritma. *Error detection* algoritma digunakan untuk mendeteksi *failure* dari satelit navigasi, sedangkan *Geometry screening* algoritma digunakan untuk menentukan apakah pengukuran berdasarkan geometri cukup kuat *signal* nya dalam memenuhi persyaratan *detection probability* dan *alarm rate*. *Geometry screening* tidak terlalu bergantung pada aktual GPS *signal* sehingga dapat diprediksi untuk setiap lokasi *user* dan untuk setiap waktu. Prediksi dilakukan untuk RAIM *availability*

algorithm pada TSO-C129 *receivers* dengan memperhatikan faktor-faktor sebagai berikut:

- *Long term errors* dari *satellite orbit*
- *Short term and long term errors* dari *satellite clocks*
- *IONO correction grids*
- *Integrity information*

Pada Gambar 2-2 akan terlihat posisi-posisi pesawat dalam *protection zone* pesawat tersebut dengan menggunakan dua parameter *vertical limit* dan *horizontal limit*. *Vertical limit* memberikan batasan seberapa jauh *protection zone* pesawat tersebut dalam arah vertikal sedangkan *horizontal limit* memberikan batasan seberapa jauh *protection zone* pesawat tersebut dalam arah horizontal. Apabila estimasi lokasi pesawat berdasarkan data signal GPS masih di dalam *protection zonenya*, maka ketidakakuratan estimasi lokasi masih dapat diterima, tetapi bila telah diluar *protection zonenya* maka ketidakakuratan tersebut tidak dapat diterima.



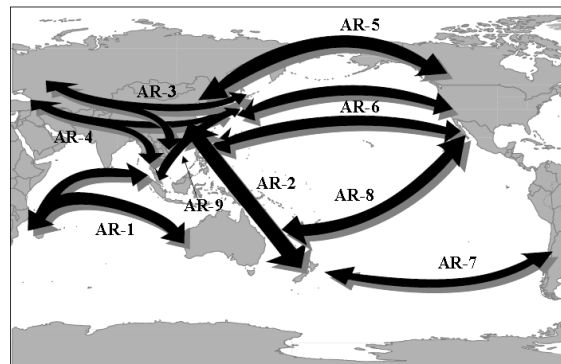
Gambar 2-2: *Protection zone* dan *failure detection* (Backhache 1999 [Bacem Backhache, Igor Nikiforov, 1999])

3 NOTAM INTERFACE

Informasi perihal RAIM *level* akan dikirimkan kepada pengguna ruang udara Indonesia melalui NOTAM maupun melalui internet. RAIM *level* akan ditampilkan pada beberapa lokasi referensi penerbangan atau lokasi GPS *receiver* yang telah dimiliki oleh Bakosurtanal. Pada tahapan awal akan dilihat rute-rute penerbangan di Indonesia yang termasuk rute padat, baik penerbangan internasional maupun domestik. Untuk rute penerbangan internasional di kawasan Asia Pacific Indonesia misalnya, melayani arus penerbangan utama dari AFI/ASIA/MID (*oceanic low density*) dan ASIA/PAC (*oceanic high density*). Sementara Biak, Ujung Pandang, Bali dan Jakarta masuk dalam rute

penerbangan internasional yang termasuk padat.

Secara lengkapnya rute penerbangan internasional di gambarkan pada Gambar 3-1, dimana Indonesia dilalui oleh beberapa ARs.

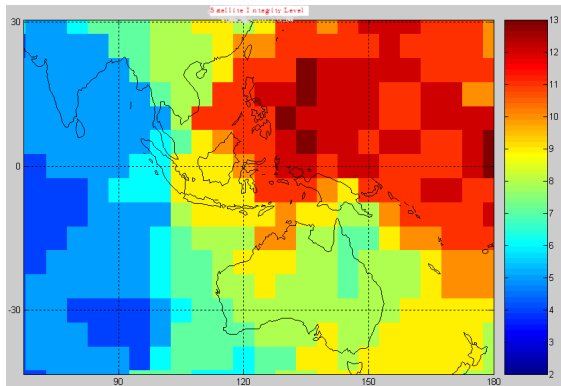


Gambar 3-1: Rute penerbangan internasional (ICAO, 2007)

Tabel 3-1: RUTE PENERBANGAN INTERNASIONAL YANG MELALUI WILAYAH INDONESIA [ICAO (International Civil Aviation Organization Asia and Pacific Office), 2007]

Area of Routing (AR)	Traffic Flows	FIRs Involved	Type of Area Covered	Remarks
AR-1	Asia/Australia and Affrica	Melbourne, Jakarta , Singapore, Kuala Lumpur, Bangkok, Yangon, Madras, Colombo, Male, Bombay, and African FIR/UIRs	Oceanic Low Density	Major Traffic flow (AFI/ASIA/MID)
AR-2	Asia (Indonesia, north to China, Japan and Republic of Korea) and Australia/New Zealand	Nadi, Auckland, Nauru, Honiara, Oakland, Brisbane, Port Moresby, Melbourne, Biak , Ujung Pandang , Bali , Jakarta , Singapore, Kota Kinabalu, Manila, Ho Chi Minh, Hanoi, Phnom Penh, Vientiane, Bangkok, Kuala Lumpur, Yangon, Hongkong, Taipei, Naha, Tokyo, Shanghai, Taegu, Guangzhou, Wuhan, Beijing	Oceanic High Density	Major Traffic flow (ASIA/PAC)

Sehingga informasi RAIM maupun TEC dapat diperoleh di jalur penerbangan padat tersebut. Tahapan awal akan difokuskan ke Jakarta dan Bali. Informasi tersebut akan ditampilkan seperti Gambar 3-2 (diambil dari hasil simulasi S. Verhagen 2002). Gambar ini memberikan informasi perihal kelayakan penggunaan satelit GPS di lokasi tertentu di Indonesia.



Gambar 3-2: Informasi RAIM berdasarkan web (S. Verhagen, 2002)

4 IMPLEMENTASI PERFORMANCE BASED NAVIGATION (PBN)

Pada pertemuan ke 10 *Air Navigation Conference* tahun 1991 dari negara anggota dari ICAO serta pada pertemuan ke 36 *ICAO Assembly Session* tahun 2007 di Montreal, Canada, sebuah navigasional konsep baru dikembangkan dan dideklarasikan untuk meningkatkan tingkat keamanan, efisiensi dan *sustainability* dari Sistem Transportasi

Udara Dunia. Konsep tersebut berupa penerapan sistem *Communication Navigation Surveillance Air Traffic Management* (CNS-ATM) yang baru dengan penekanan pada sistem *Performance Based Navigation* (PBN). Diharapkan penerapan PBN tersebut dapat mengurangi kemungkinan *traffic congestion* di bandara-bandara serta di ruang udara Indonesia. Selain itu, diharapkan implementasi dari PBN konsep tersebut dapat pula mengurangi efek negatif penerbangan pada lingkungan seperti kebisingan dan penghematan bahan bakar. Konsep PBN menawarkan sistem yang lebih *flexibel* pada penetapan rute penerbangan. Sebagai pengganti penggunaan sistem navigasi yang banyak bergantung pada sistem bantuan navigasi di darat, diharapkan dapat lebih menggunakan sistem navigasi berbasis satelit dengan mengacu pada *Area Navigation* (R-NAV) prosedur. PBN akan meningkatkan kualitas layanan dengan mengurangi kemungkinan perubahan rute terkait cuaca buruk. Implementasi PBN di Asia Pasifik telah dimulai di Laut China Selatan. Jumlah penerbangan di Laut China Selatan yang menggunakan RNAV routes diberikan pada Tabel 4-1 (sumber: ICAO Asia Pacific Office APANPIRG/18th Meeting 3-7 September 2007 documents).

Tabel 4-1: PENERBANGAN DI LAUT CHINA SELATAN YANG MENGGUNAKAN RNAV ROUTES (sumber: ICAO, 2007)

Waktu monitoring	Total Monthly Traffic Count Reported over Monitored Fixes (Cumulative)	Month Count of Traffic Reported Over Monitored Fixes Through Monitoring Month
April 2009	6603	87307
March 2009	6380	88438
February 2009	6380	89434
January 2009	7244	90880

Implementasi dari PBN di Indonesia telah ditetapkan pada ICAO Asia Pacific Annually Meeting di Bangkok pada bulan Juli 2009. Beberapa bandara di Indonesia sudah mempersiapkan untuk penerapan sesuai *Instrument Approach Procedures* (IAP) menggunakan jaringan GPS yang tersedia. RNAV/RNP disiapkan untuk diimplementasikan pada bandara dengan kepadatan *traffic* yang tinggi dan utamanya di bandara-bandara pada daerah terpencil dimana belum memiliki perangkat instrumen navigasi yang memadai. RNAV/RNP akan diimplementasikan secara penuh pada 188 *airport* di tahun 2015. Prosedur RNAV akan diimplementasikan pada bandara-bandara dengan kemungkinan cuaca buruk yang tinggi serta memiliki faktor risiko yang tinggi terkait posisi geografinya. Penggunaan RNAV-RNP pada area terminal akan secara seksama diamati terkait peningkatan jumlah penerbangan dengan menggunakan *Flight Management System* (FMS).

Saat ini pemerintah Amerika telah berkomitmen untuk mendukung implementasi PBN sesuai dengan kebutuhan ICAO khususnya terkait dengan ketersediaan operasional *availability* dari satelit GPS yang minimum 95% probabilitas bahwa 24 satelitnya (dari 30 satelit yang tersedia) akan dapat digunakan oleh pengguna PBN. Komitmen ini ditetapkan pada *US-Law* (10USC 2281 b) terkait *Performance Standard* pada tanggal 30 September 2009, dimana pemerintah Amerika berkomitmen akan memberikan *Service Level* dari sistem GPS sesuai dengan kebutuhan di atas. Standard ini memenuhi permintaan ICAO seperti di tetapkan pada ICAO annex 10. Vol I terkait *Standards dan recommended practices*. Pemerintah Amerika memverifikasi bahwa GPS *performance standard* akan dipertahankan terkait Kebijakan Nasional pada *Space Based Positioning, Navigation and Timing* (PNT) *systems*. Oleh karenanya layanan PNT diharapkan tidak akan terinterupsi.

Terkait GPS *standard positioning service* (SPS) *Performance Standard* (PS) pada tanggal 30 September 2008 mem-bicarakan perihal:

- 95% *probability* dimana 24 *operational satellites available* setiap harinya.
- Sekurangnya 21 dari 24 *orbital slots* akan mempunyai satu satelit dengan SPS *signal in space* yang sehat sekitar 98% probabilitas (dinormalisasi setiap tahunnya).
- Sekurangnya 20 *out of 24 orbital slots* akan memiliki satu satelit *broadcast* dengan kesehatan SPS SiS 99.999% (dinormalisasi tahunan).

5 HASIL PENGAMATAN RAIM DI 5 LOKASI INDONESIA

Salah satu penyebab terjadinya kegagalan deteksi atau terjadinya *error* pada penentuan perkiraan posisi adalah ketidaktersediaan atau *integrity* dari satelit-satelit GNSS. Oleh karenanya Tim GPS CNS-ATM BPPT mencoba melakukan beberapa aktivitas pengukuran yang telah dilakukan di lima lokasi di Indonesia, khususnya di sekitar jalur khatulistiwa untuk menginvestigasi ketersediaan *signal* GPS pada beberapa lokasi di Indonesia.

Dua lokasi pengamatan tersedia di sekitar khatulistiwa Indonesia, dua lokasi berikutnya ada di sisi selatan khatulistiwa dan satu lokasi berada di utara khatulistiwa. Pengukuran dilakukan selama 2 hari berurutan pada setiap lokasi pengamatan di mana diperoleh hasilnya (Tabel 5-1).

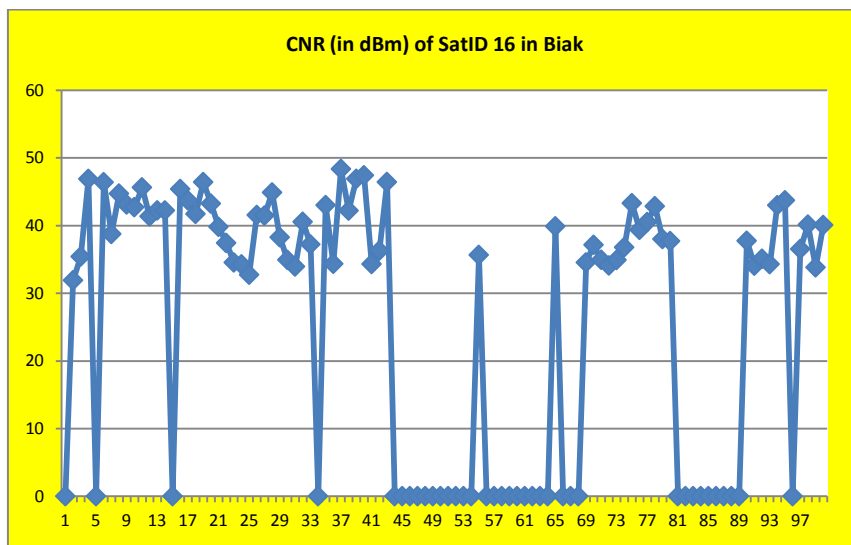
Berdasarkan Tabel 5-1 terlihat bahwa ketersediaan/*availability* tertinggi berada di Pontianak sekitar 99.5480% dan yang terendah berada di Biak sekitar 66.7755% serta Bukit Tinggi sekitar 88.163%. Sedangkan pada sisi *Carrier to Noise Ratio* dari *SatID #16* di Biak lebih buruk daripada *CNR* dari *satID#16* di Pontianak pada saat pengamatan. Idealnya, pengamatan harus dilakukan pada saat bersamaan untuk 5 lokasi pengamatan di atas, namun adanya keterbatasan perangkat dan

sumber daya manusia maka dilakukan pengamatan secara berurutan. Oleh karenanya diperlukan beberapa data

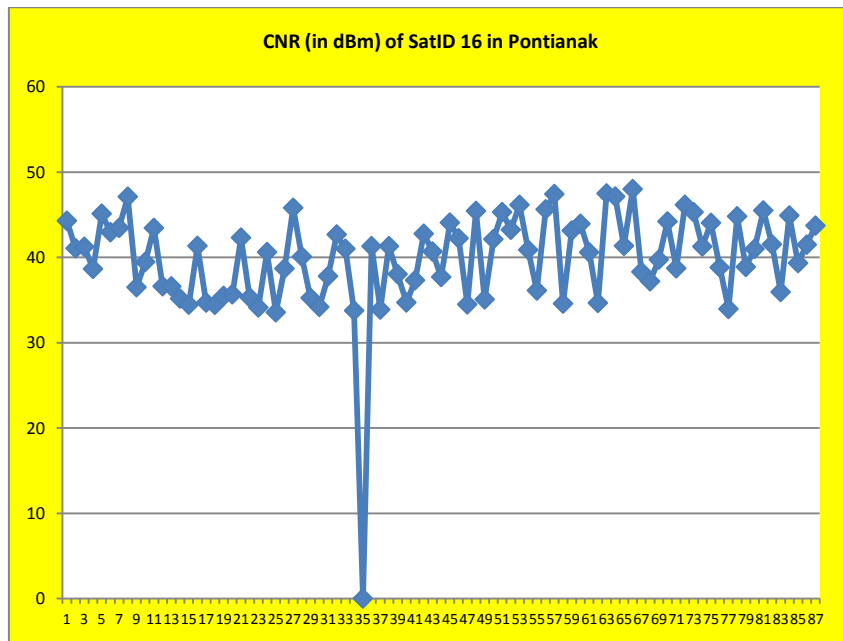
dukung yang tersedia secara bebas dari *web* khususnya dari *website* LAPAN, dan NITC.

Tabel 5-1: HASIL PENGAMATAN KETERSEDIAAN SIGNAL PADA 5 LOKASI DI INDONESIA

Lokasi	(+10.00-18.00) Starting Date	(+10.00-18.00) Ending Date	Availability Value
Pontianak	30/06/2009	01/07/2009	99,5480%
TanjungSari	23/07/2009	24/07/2009	96,1967%
Watakosek	29/07/2009	30/07/2009	95,8738%
Biak	03/08/2009	05/08/2009	66,7755%
BukitTinggi	26/08/2009	27/08/2009	88,1693%

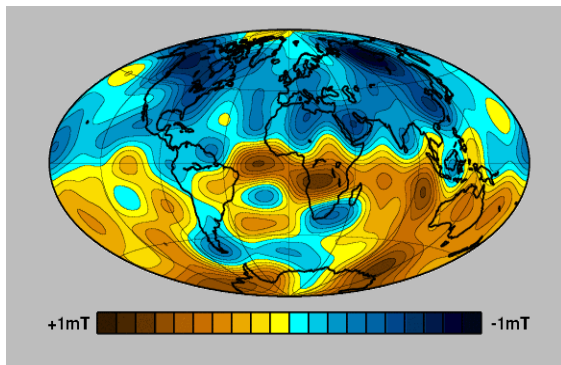


Gambar 5-1: CNR satID #16 di Biak



Gambar 5-2: CNR satID #16 di Pontianak

Berdasarkan hasil analisis awal diperoleh informasi perihal beberapa alasan terjadinya pelemahan dari tingkat *integrity* satelit GPS khususnya terkait *earth magnetic field difference* dan *Total Electronic Content (TEC)* pada lapisan ionosfer di antara beberapa lokasi pengamatan tersebut. Sesuai dengan hasil kajian di Inggris diperoleh informasi bahwa kondisi di selatan katulistiwa lebih besar *earth magnetic fieldnya* seperti Gambar 5-3.

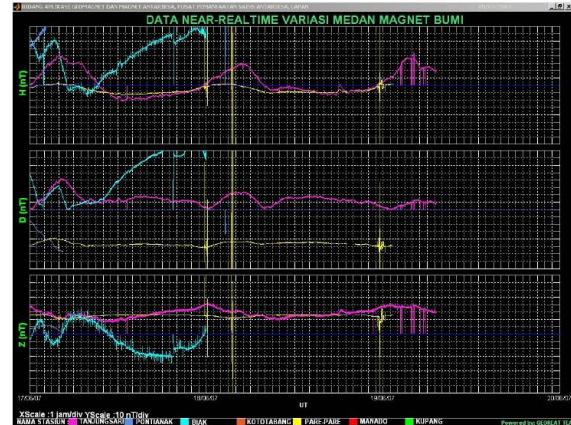


Gambar 5-3: Medan magnetik bumi, (Sumber: http://www.liv.ac.uk/earth_sciences/geodynamics/research.html)

Sehingga berdasarkan gambar tersebut, maka di daerah Sumatera (Bukit Tinggi) dan Irian jaya (Biak) *level* dari *earth magnetic fieldnya* kemungkinan tinggi, sedangkan di wilayah Kalimantan (Pontianak) dan Jawa (Tanjungsari, Watukosek) *level earth magnetic field* rendah.

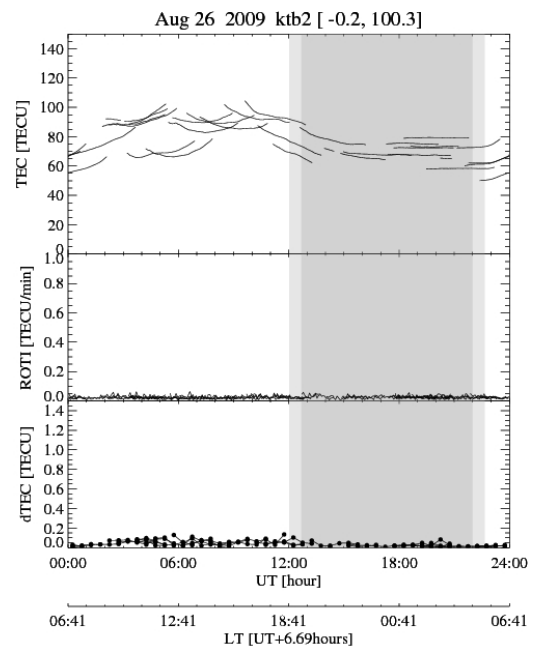
Pada tahun 2007 LAPAN pernah memberikan gambaran perihal variasi dari *geomagnetic field* di stasiun LAPAN Tanjungsari, Pontianak, Biak, Kototabang, Pare-Pare, Manado dan Kupang. *Geomagnetic field* berada di Biak (garis biru) yang terlihat cukup bervariasi pada saat periode pengamatan.

Geomagnetic Near Real Time Data

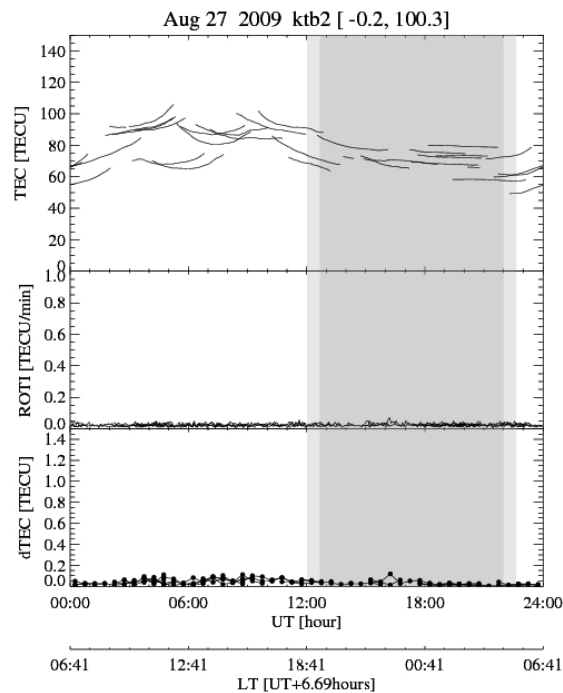


Gambar 5-4: Medan magnetic bumi di lokasi stasiun pengamatan LAPAN, (Sumber: Space Debris, Near Earth Objects, and Space Weather Research and Observation in Indonesia, <http://www.oosa.unvienna.org/pdf/pres/stsc2010/tech-42.pdf>)

Jaringan NITC (http://133.243.237.146/IONO2/TEC-ROTI/ktb2/2009/ktb220090826_ROTI.html) memberikan pula informasi perihal *TEC levels* di beberapa lokasi pengamatan di dunia khususnya di Bukit Tinggi. Pada saat pengamatan di Bukit Tinggi ionosfer di atas Kototabang memiliki karakteristik sebagai berikut:



Gambar 5-5: TEC pada kota Bukit Tinggi periode tanggal 26 Agustus 2009 (Sumber: NITC [http://133.243.237.146/IONO2/TEC-ROTI/ktb2/2009/ktb220090826_ROTI.html])



Gambar 5-6: TEC pada kota Bukit Tinggi periode tanggal 27 Agustus 2009 (Sumber: NITC)

Pada Gambar 5-5 dan 5-6 diinformasikan perihal variasi dari slant TEC, ROTI dan standard deviasi dari TEC perturbasi pada GPS receiver. Pada setiap kurva mempresentasikan data dari dua satellite receiver. Terang dan gelapnya pewarnaan merepresentasikan waktu malam pada ketinggian ionosfer sekitar 100km dan 400km di atas perangkat. GPS data yang digunakan adalah yang di atas 45 derajat elevasi. ROTI merupakan standar deviasi dari kecepatan perubahan TEC *index*. dTECX merupakan satuan untuk standard deviasi dari TEC, perturbasi komponen. Berdasarkan gambar di atas terdapat variasi dari TEC utamanya diantara pukul 00:00 UT (07.00WIB) s.d 12:00 UT (19:00 WIB). Oleh karenanya diperkirakan *integrity* dari GPS receiver di Bukit Tinggi khususnya untuk satelit ID 16 relatif rendah.

6 KESIMPULAN

Sampai dengan saat ini ketergantungan sistem navigasi nasional pada negara lain sangat dominan. Mayoritas satelit navigasi yang operasional saat ini, misal GPS, dimiliki oleh Amerika

serikat. Demi kemajuan bangsa, ketahanan nasional, keamanan penerbangan sipil dan kemandirian bangsa, maka teknologi sistem navigasi nasional harus dikuasai oleh bangsa Indonesia. Indonesia yang memiliki ribuan pulau, dimana ruang udara merupakan aset Nasional yang harus dipertahankan, maka pengelolaan ruang udara memegang peranan yang penting. Pengelolaan ruang udara Indonesia harus didukung oleh sistem navigasi nasional yang handal. Pengelolaan ruang udara Indonesia dengan berbasiskan sistem navigasi nasional yang sepenuhnya dikelola oleh bangsa Indonesia dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap sistem navigasi yang dikelola oleh negara lain. Sistem navigasi nasional yang baik juga akan meningkatkan efisiensi penggunaan ruang udara Indonesia dan pada akhirnya meningkatkan volume penerbangan yang berarti terjaminnya keamanan dan kelancaran arus perhubungan terjadi *flow* baik arus perhubungan manusia, barang maupun komoditas. Keberhasilan dari sistem navigasi nasional yang berbasiskan GNSS juga sangat tergantung pada ketersediaan, keakuratan, kontinuitas pelayanan, dan integritas dari satelit-satelit navigasinya yang dapat diukur salah satunya dengan memonitor kondisi satelit-satelit navigasi tersebut dengan RAIM. Hasil pengamatan GPS *signal* di 5 lokasi di Indonesia ini masih harus di validasi perihal keakuratan dalam pengukuran serta aspek-aspek eksternal yang mempengaruhi hasil pengamatan ini, meskipun begitu hasil pengamatan ini dapat menjadi awal untuk kajian selanjutnya.

Acknowledgement

GPS Group of BPPT acknowledge the support of information and sample data from BAKOSURTANAL and LAPAN, this paper is based on works undertaken by GPS Group of BPPT. In year 2009 GPS Group is a working group in the CNS/ATM Program in BPPT. The result of

this observation has not been verified/ validated and subject to further study.

DAFTAR RUJUKAN

- Accord Corp., 2004. Manual GPS Signal Tap L1.
- Bacem Backhache, Igor Nikiforov, 1999. A Sequential RAIM Based on the Civil Aviation Requirements.
- Buldan Muslim, 2006. *Pemodelan TEC Regional dari Data GPS Stasiun Tetap di Indonesia dan Sekitarnya*, PROC. ITB Sains & Tek. Vol. 38 A, No. 2, 2006, 163-180.
- http://133.243.237.146/IONO2/TEC-ROTI/ktb2/2009/ktb220090826_ROTI.html.
- http://www.liv.ac.uk/earth_sciences/geodynamics/research.html.
- International Civil Aviation Organization Asia and Pacific Office (ICAO), 2007. Asia/Pacific Regional Plan For The New CNS/ATM Systems Issue-7.
- Space debris, near earth objects, and space weather research and observation in Indonesia, <http://www.oosa.unvienna.org/pdf/pres/stsc2010/tech-42.pdf>.