

PERKEMBANGAN SISTEM SATELIT NAVIGASI GLOBAL DAN APLIKASINYA

Jakondar Bakara

Peneliti Bidang Pengkajian Kedirgantaraan Nasional, LAPAN
e-mail: bakara_jb@yahoo.com

RINGKASAN

Satelit navigasi global memancarkan sinyal navigasi penentuan posisi kepada pengguna yang dikendalikan dari stasiun pengendali di Bumi. Penentuan posisi dapat dilakukan berdasarkan 4 (empat) dimensi, yaitu berdasarkan garis bujur, garis lintang, ketinggian dan waktu. Saat ini negara-negara mengembangkan sistem satelit navigasi global *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS). GNSS yang telah dikembangkan antara lain: (i) *Global Positioning System* (GPS) milik Amerika Serikat, di mana secara efektif telah menyediakan layanan global, dan (ii) *Global Navigation Satellite System* (GLONASS) milik Rusia (Uni Soviet), juga telah efektif menyediakan layanan global. Sedangkan GNSS yang sedang dikembangkan adalah (i) Sistem Galileo milik Eropa yang dikembangkan Uni Eropa bekerjasama dengan *European Space Agency* (ESA), (ii) Sistem navigasi regional Beidou, dikembangkan Cina, (iii) Sistem navigasi *India Regional Navigational Satellite System* (IRNSS) dikembangkan oleh India, dan (iv) *Quasi-Zenith System Satellite* (QZSS) akan dikembangkan oleh Jepang. Negara-negara terus melengkapi dan meningkatkan kemampuan GNSS sehingga dapat digunakan oleh negara-negara di seluruh dunia. GNSS telah dimanfaatkan untuk tujuan militer, transportasi/angkutan, baik darat, laut, maupun udara, dan digunakan untuk penentuan geografis, pemantauan gunung berapi dan penelitian.

1 PENDAHULUAN

Sistem satelit navigasi global GNSS terdiri dari segmen antariksa, segmen pengendali dan segmen pengguna. Segmen antariksa (satelit) memancarkan sinyal navigasi kepada segmen pemakai, yang dikendalikan stasiun pengendali di Bumi. Satelit navigasi terdiri dari konstelasi satelit dengan cakupan global. Fungsi satelit-satelit tersebut mengirim sinyal ke receiver yang dipasang di pesawat terbang, kapal laut, kendaraan bermotor dan manusia, untuk dapat menentukan posisi-posisi mereka.

Satelit navigasi mempunyai kemampuan untuk memberikan informasi tentang posisi lokasi geografis dan sinkronisasi waktu dalam penggunaan sinyal *real time* dari satelit navigasi yang mengorbit. Posisi yang ditentukan terdiri dari 4 (empat) dimensi yaitu garis bujur, garis lintang, ketinggian, dan waktu

(Justin Borton, 2010). Satelit navigasi juga digunakan dalam berbagai sektor yaitu penelitian/*survey*, *precision farming*/ketelitian dalam pertanian, mendukung pencarian dan penyelamatan, ilmu kebumihan, manajemen transportasi, pergantian waktu yang tepat, manajemen/pelacakan/anti pencurian. Sistem GNSS terus berkembang dan kemudian juga digunakan dalam berbagai sektor, seperti pengangkutan, keamanan, pengawasan, dan industri.

Berbagai sistem GNSS yang telah dikembangkan antara lain: (i) GPS milik Amerika Serikat, di mana secara efektif telah menyediakan layanan global, (ii) Sistem GLONASS milik Rusia (Uni Soviet), juga telah efektif menyediakan layanan global. Sedangkan sistem GNSS yang sedang dikembangkan adalah (i) Sistem Galileo milik Eropa yang dikembangkan Union Europe (UE) bekerjasama dengan ESA. Sistem navigasi

regional Beidou dikembangkan negara Cina, (iii) Sistem navigasi IRNSS dikembangkan oleh India, dan (iv) QZSS akan dikembangkan oleh Jepang. Makalah ini bertujuan untuk menguraikan perkembangan satelit navigasi global dan aplikasinya.

2 SISTEM SATELIT NAVIGASI GLOBAL

2.1 Global Positioning System (GPS)

Pada tahun 1973, Angkatan Laut Amerika Serikat bekerjasama dengan Angkatan Udaranya mengembangkan sistem satelit navigasi pertama yang disebut dengan *Defence Navigation Satellite System* (DNSS) (Paul Kimppi, 2007). Satelit Transit merupakan sistem satelit navigasi yang pertama untuk DNSS. Pada awalnya satelit ini digunakan untuk penentuan lokasi dalam rangka mendukung operasi kapal-kapal selam, mendukung misil balistik Amerika Serikat, tetapi kemudian juga digunakan oleh kapal-kapal untuk keperluan ilmiah.

Program satelit Transit berakhir pada tanggal 31 Desember 1996, dan kemudian fungsinya diambil alih oleh GPS/Navstar. GPS/Navstar yang telah diluncurkan tahun 1978 merupakan suatu konstelasi yang terdiri dari 24 satelit pada 6 bidang orbit digunakan untuk menentukan setiap lokasi obyek dan penentuan waktu di Bumi secara akurat. GPS/Navstar ini dioperasikan dan dikendalikan Komando Antariksa Angkatan Udara Amerika Serikat. Di samping melayani keperluan militer Amerika Serikat juga telah melayani pengguna sipil secara global. Sistem GPS/Navstar mampu memberikan informasi posisi lokasi dengan tingkat ketelitian 1-5 meter melalui *receiver* kode A/C, dan dapat memberikan tingkat ketelitian 10-30 cm melalui *receiver carrier* (*Introduction to the Global Positioning System for GIS and TRAVERSE, 1996*).

Konstelasi satelit GPS/Navstar beroperasi pada orbit-orbit lingkaran dengan ketinggian 10.900 *nautical miles*

(*nm*) atau sama dengan 20.200 km dengan umur satelit rata-rata 7,3 tahun-7,8 tahun. Navstar/GPS juga membawa peralatan sistem deteksi nuklir. Selain dimanfaatkan Amerika Serikat dan Eropa Barat, DGPS juga telah dimanfaatkan Jepang, China, Polandia, Afrika Selatan dan sejumlah negara di kawasan lain untuk keperluan penerbangan sipil, yaitu dengan memasang peralatan dapat penerima sinyal dan menentukan posisi lokasi yang sangat teliti dan tepat (Kemppi, Paul, 2007).

GPS Navstar yang telah beroperasi secara penuh pada tahun 1994, dimana segmen kendali GPS/Navstar terdiri atas suatu jaringan yang dijejaki dari stasiun pengendali *Master Control Station* (MCS) di Colorado Springs, Colorado. Stasiun Pengendali ini digunakan untuk menentukan dan memprediksi satelit, penempatan, memonitor waktu dan sistem integritas. Informasi yang dikirim ke MCS, kemudian menghasilkan pembaharuan pesan untuk masing-masing satelit GPS secara teratur. Satelit tersebut kemudian mensinkronkan waktu dan melakukan penyesuaian model orbital internal.

Konstelasi GPS pada tanggal 28 Mei 2007 terdiri dari 30 satelit yang meliputi 15 satelit Blok IIA, 12 satelit Blok IIR dan 3 satelit Blok IIR-M. Pelayanan penentuan posisi yang tersedia terdiri dari pelayanan standard melalui frekuensi L1 A/C (frekuensi L1 dengan kode A/C) dan pelayanan penentuan posisi untuk kepentingan Militer Amerika Serikat melalui frekuensi gabungan L1 P(Y) (frekuensi L1 dengan Kode P(Y)) dan L2 P(Y) (frekuensi L2 dengan kode P(Y)). Program GPS dimasa mendatang (2015) pelayanan ditingkatkan untuk penentuan posisi standard melalui frekuensi L1 A/C ditingkatkan pada pelayanan penentuan posisi standard melalui frekuensi L1 C/A (frekuensi L1 kode A/C), L2C (frekuensi L2 kode C),

dan frekuensi L5. Kemudian untuk pelayanan kepentingan Militer Amerika Serikat untuk pelayanan penentuan posisi yang tepat melalui gabungan frekuensi L1 P(Y) (frekuensi L1 dengan kode P(Y), frekuensi L2 P(Y) (frekuensi L2 dengan kode P(Y), frekuensi L1M (frekuensi L1 dengan kode M), dan frekuensi L2M frekuensi L2 kode M (Tabel 2-2). Masing-Masing satelit mempunyai suatu kode yang berbeda kode C/A, yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi sumber sinyal. Kode P adalah suatu kode menyiarkan pada 10.23 Mhz. Lebih lanjut pada tahun 2008 Satelit GPS diluncurkan lagi setelah dimodernisasi dengan meningkatkan kemampuan dan meningkatkan pertambahan umur menjadi 12 tahun (Kempfi, Paul, 2007).

2.2 Global Navigation Satellite System (GLONASS)

GLONASS adalah sistem satelit navigasi global milik Uni Soviet (Rusia) yang pengembangannya telah dimulai pada tahun 1976 (GLONASS, 2011). GLONASS mulai operasional pada tahun 1991, walaupun pengembangan konstelasi secara penuh terselesaikan tahun 1996. Satelit GLONASS terdiri dari konstelasi 24 satelit, dari jumlah konstelasi satelit tersebut, untuk sementara 7 satelit masih di matikan, dan 17 satelit telah beroperasi (Paul Kimppi, 2007).

Satelit berada dalam 3 bidang orbit di mana kedudukan satelit dengan satelit lainnya terpisah dengan jarak 120° . Satelit beroperasi pada ketinggian 19.100 km di atas permukaan Bumi, dengan inklinasi 64.8° dan siklus perputaran satelit mengelilingi Bumi 11 jam 15 menit.

Satelit GLONASS memberikan pelayanan kepentingan Militer melalui frekuensi L-Band, frekuensi L1 dengan kode P, dan frekuensi L2 dengan kode P.

Pelayanan pesan penentuan posisi melalui frekuensi L1 dengan Code C/A. Satelit GLONASS memancarkan sinyal dengan Code- C/A menggunakan *carrier* frekuensi. Frekuensi L1 antara 1,597-1,617 MHZ dan frekuensi L2 antara 1,240-1,260 MHZ. GLONASS masa mendatang (2015) ditingkatkan pada pelayanan dalam ketelitian penentuan posisi melalui frekuensi L1, L2, dan frekuensi yang ke-3 (3rd Signal). Kemudian untuk kepentingan militer untuk pelayanan dalam ketelitian tinggi, Melalui frekuensi L1, dan L2. Stasiun Pengendali GLONASS seluruhnya ditempatkan di Uni Soviet (Rusia). Pusat pengendalian di darat berlokasi di Moscow dan Stasiun *Telemetry* dan *tracking* yang disebut *Receiving Monitor Stations* (RMS) berlokasi di St. Petersburg, Ternopol, dan Eniseisk. Satelit GLONASS dapat menyiarkan data melalui stasiun pengendali di darat, namun demikian Sistem Satelit GLONASS belum mampu berdiri sendiri untuk satelit penentuan posisi, masih menggunakan sistem rangkap GPS+GLONASS terutama untuk para pengguna/pemakai dalam *Real Time Kinematic* GPS (RTK-GPS), penerima yang dapat menggunakan satelit GLONASS untuk meningkatkan penentuan posisi berintegrasi dengan satelit GPS, dan telah terbukti sangat menguntungkan di dalam suatu lingkungan yang mempunyai suatu jarak yang sulit dicover satelit. Dalam peningkatan pengembangan sistem GLONASS dapat ditingkatkan ke dalam sistem komersil yang mampu bersaing di dalam pasar umum pengguna sistem GNSS (Paul Kimppi, 2007).

2.3 Galileo

Saat ini Uni Eropa (*European Union* atau EU) bekerjasama dengan badan antariksa Eropa atau ESA sedang mengembangkan program GNSS Galileo. Pembagian tugas adalah sebagai berikut;

UE adalah bertanggung jawab untuk dimensi politik dan untuk pengaturan sasaran program pengembangan, kemudian ESA secara teknis mengembangkan dan mensahkan sistem satelit. Pengembangan program GNSS Galileo ini dilatarbelakangi karena para pengguna navigasi satelit tidak mempunyai alternatif pilihan selain menggunakan GPS atau GLONASS. Untuk ini maka pada tahun 1990-an Eropa merasa perlu untuk memiliki sendiri sistem satelit navigasi global (ESA, 2010). Satelit pertama yaitu *Galileo In-Orbit Validation Element-A* (GIOVE-A diluncurkan pada tanggal 28 Desember 2005, dan satelit kedua GIOVE-B diluncurkan bulan April 2008 (Veri Ilham, 2009).

Satelit awal ini digunakan untuk mengumpulkan data untuk dipakai oleh jaringan satelit Galileo nantinya dan sekaligus mempersiapkan posisi orbit satelit-satelit berikutnya. Setelah sistem satelit navigasi Galileo beroperasi secara penuh, sistem ini akan memiliki beberapa pemonitor stasiun Bumi dan 30 satelit (27 satelit aktif dan 3 satelit sebagai backup), akan mengorbit dan memberikan arah yang lebih tepat lagi pada pengguna peralatan navigasi.

Galileo akan memberikan data yang lebih cepat dan akurat hanya dalam radius 1 meter, dibandingkan dengan GPS yang hanya mampu memberikan keakuratan dalam radius 3 meter. Seperti halnya GPS dan GLONASS, Galileo akan memberikan *service* navigasi ke masyarakat umum untuk digunakan pada telpon *mobile* (HP, Ponsel) canggih, peralatan-peralatan personal navigasi dan peralatan navigasi lainnya yang membutuhkan data dari satelit (Veri Ilham, 2009). Program satelit Galileo yang terdiri dari konstelasi 30 satelit navigasi yang akan ditempatkan dalam 3 bidang orbit di orbit MEO, sebagaimana dapat dilihat dalam Gambar 2-1 (ESA, 2010).



Gambar 2-1: Konstelasi 30 satelit navigasi

Sistem satelit GALILEO akan memberikan pelayanan seperti berikut; (i) Layanan terbuka (*Open Service-OS*) yaitu layanan yang bebas untuk setiap pengguna, melalui frekuensi E5A, E5B dan frekuensi E2-L1-E1, (ii) Layanan aplikasi *Safety-Of-Life* (SOL) yaitu untuk aplikasi keselamatan transportasi. Layanan SOL tersedia untuk para pemakai yang dilengkapi dengan *dual-frequency* bersertifikat penerima pada frekuensi L1 dan E5, (iii) Layanan komersil pada frekuensi C diarahkan pada aplikasi yang lebih tinggi dibanding dengan layanan terbuka OS. Layanan komersil C menggunakan dua sinyal tambahan pada frekuensi E5B dan E6 bersamaan dengan frekuensi O untuk mencapai capaian lebih baik. Pengaturan layanan untuk publik akan digunakan dengan kelompok *government-authorized* seperti polisi, dan penjaga pantai. Sistem satelit GALILEO memiliki jaringan stasiun sensor, dan akan termonitor di seluruh dunia. Memiliki 2 (dua) stasiun pengendali yang berlokasi di Eropa. Data tersedia untuk para pemakai dimanapun melalui satelit GALILEO atau terpusat melalui sistem kendali GALILEO.

Perbandingan pelayanan dan frekuensi yang tersedia pada sistem GPS, GLONASS, GALILEO Tahun 2003, dan Rencana Program Peningkatan Tahun 2015, dapat dilihat pada Tabel 2-2.

Tabel 2-2: PELAYANAN DAN FREKUENSI YANG TERSEDIA PADA SISTEM GPS, GLONASS, GALILEO TAHUN 2003, DAN RENCANA PROGRAM PENINGKATAN TAHUN 2015

Services	GPS		GLONASS		GALILEO	
	2003	2015	2003	2015	2003	2015
<i>Basic Positioning (unencrypted)</i>	<i>SPS L1 C/A</i>	<i>SPS L1 C/A L2C L5</i>	<i>SP L1</i>	<i>SP L1 L2 3rd Signal</i>		<i>OS L1 E5a E5a</i>
<i>Integrity/safety (unencrypted)</i>				<i>Integrity message</i>		<i>SoL L1 E5b E5a</i>
<i>Commercial/valueadded (encrypted)</i>						<i>CS E6</i>
<i>Security/military (unencrypted)</i>	<i>PPS L1 P(Y) L2 P(Y)</i>	<i>PPS L1 P(Y) L2 P(Y) L1 M L2 M</i>	<i>HP L1 L2</i>	<i>HP L1 L2 Unknown</i>		<i>PRS L1 E6</i>

SPS-Standard Positioning Service, PPS-Precise Position Service, SP-Standard Precision, HP-High Precision, OS-Open Service, SoL-Safety of Life service, CS-Commercial Service, PRS – Public Regulated Service

Sumber: C.Seynat, A. Kealy, K. Zhang, 2004

2.4 Sistem Satelit Navigasi Beidou

Sistem satelit navigasi Beidou adalah sistem satelit navigasi yang sedang dikembangkan China untuk menentukan lokasi bagi keperluan militer. China mengembangkan satelit Beidou ini untuk mengurangi ketergantungannya terhadap sistem satelit navigasi GPS dan GLONASS. Sistem Beidou generasi pertama terdiri dari dua satelit yaitu satelit Beidou-1 A dan satelit Beidou-1B yang diluncurkan masing-masing pada Oktober 2000 dan Desember 2000. Sedangkan sistem Beidou generasi kedua yaitu Beidou -2A, Beidou-2B, dan Beidou-2C diluncurkan masing-masing pada tanggal 24 Mei 2003, 3 Pebruari 2007, dan 14 April 2007.

Walaupun kemampuan Beidou ini masih kurang dibanding sistem GPS

milik Amerika Serikat dan sistem GLONASS milik Rusia, namun telah dapat mengurangi ketergantungan China terhadap kedua sistem tersebut. Setelah peluncurannya satelit Beidou-2C pada bulan April 2007 ke GEO, sistem satelit Beidou ini namanya diganti menjadi sistem *Compass* atau *China's Compass Navigation Satellite System* (CNSS). Pada tahun 2015 direncanakan, China akan memiliki konstelasi satelit *Compass* (Beidou) sebanyak 30 satelit yang berada pada *Medium Earth Orbit* (MEO) (Inside GNSS News, 2009). Empat satelit Beidou sebelumnya berada di orbit GEO. CNSS nantinya akan terdiri dari lima satelit di GEO dan 30 (tiga puluh) satelit di MEO.

Satelit Beidou yang telah diluncurkan sampai dengan tahun 2011 dapat dilihat pada Tabel 2-3.

Tabel 2-3: SATELIT BEIDOU (SAMPAI DENGAN 10 APRIL 2011)

Tanggal Peluncuran	Nama Satellite	Nama Sistem
31 Oktober 2000	BeiDou-1A	BeiDou-1
21 Desember 2000	BeiDou-1B	
25 Mei 2003	BeiDou-1C	
3 Pebruari 2007	BeiDou-1D	
14 April 2007	Compass-M1	BeiDou-2 (Compass)
15 April 2009	Compass-G2	
17 Januari 2010	Compass-G1	
2 Juni 2010	Compass-G3	
1 Agustus 2010	Compass-IGSO1	
1 Nopemver 2010	Compass-G4	
18 Desember 2010	Compass-IGSO2	
10 April 2011	Compass-IGSO3	

Sumber: Globaltimes.cn, April 10 2011

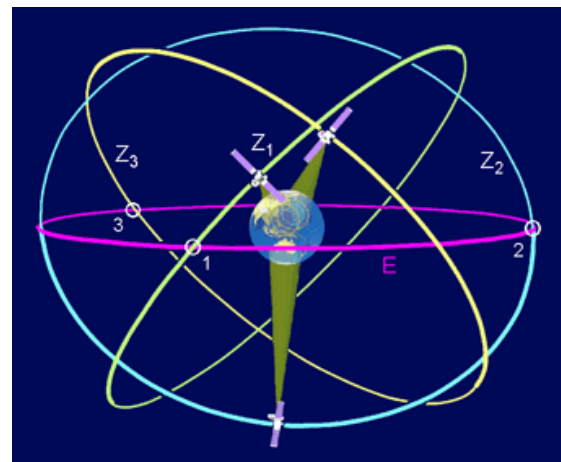
2.5 Quasi-Zenith Sistem Satelit (QZSS)

Pada tahun 2003, Jepang sebagai negara yang maju secara teknologi memulai sebuah proyek dengan nama *Quasi-Zenith System Satellite (QZSS)* atau dalam bahasa Jepang Jun-Ten-Cho (Miljenko, 2007). QZSS akan meningkatkan kinerja GPS dalam dua cara, yaitu peningkatan ketersediaan sinyal GPS, dan peningkatan performa GPS (mencakup akurasi dan keaslian sinyal GPS) (Service of QZSS).

QZSS terdiri dari 3 (tiga) satelit dan akan memberikan layanan posisi satelit secara regional serta komunikasi dan *broadcasting*. Setiap satelit akan berada dalam 3 bidang orbit yang berbeda, di mana mempunyai kemiringan 45 derajat terhadap *Geostationary Orbit (GEO)*. Satelit pertama yang diberi nama *Michibiki* telah diluncurkan pada tanggal 11 September 2010. Diharapkan QZSS ini akan beroperasi secara penuh pada tahun 2013. Pada Gambar 2-2 posisi satelit terlihat pada angka 3 (tiga).

Dalam orbitnya tersebut, satelit QZSS akan melengkapi sistem GNSS lainnya yang selama ini digunakan Jepang. Selain itu QZSS akan mencakup wilayah Australia dan daerah Asia. Sistem satelit QZSS diaplikasikan untuk menyediakan layanan berbasis komuni-

kasi (video, audio, dan data), dan informasi posisi. (*Quasi-Zenith Satellite System, 2008*)



Gambar 2-2: Orbit QZSS (Sumber: *Geometry of Zenith Satellites, 2001*)

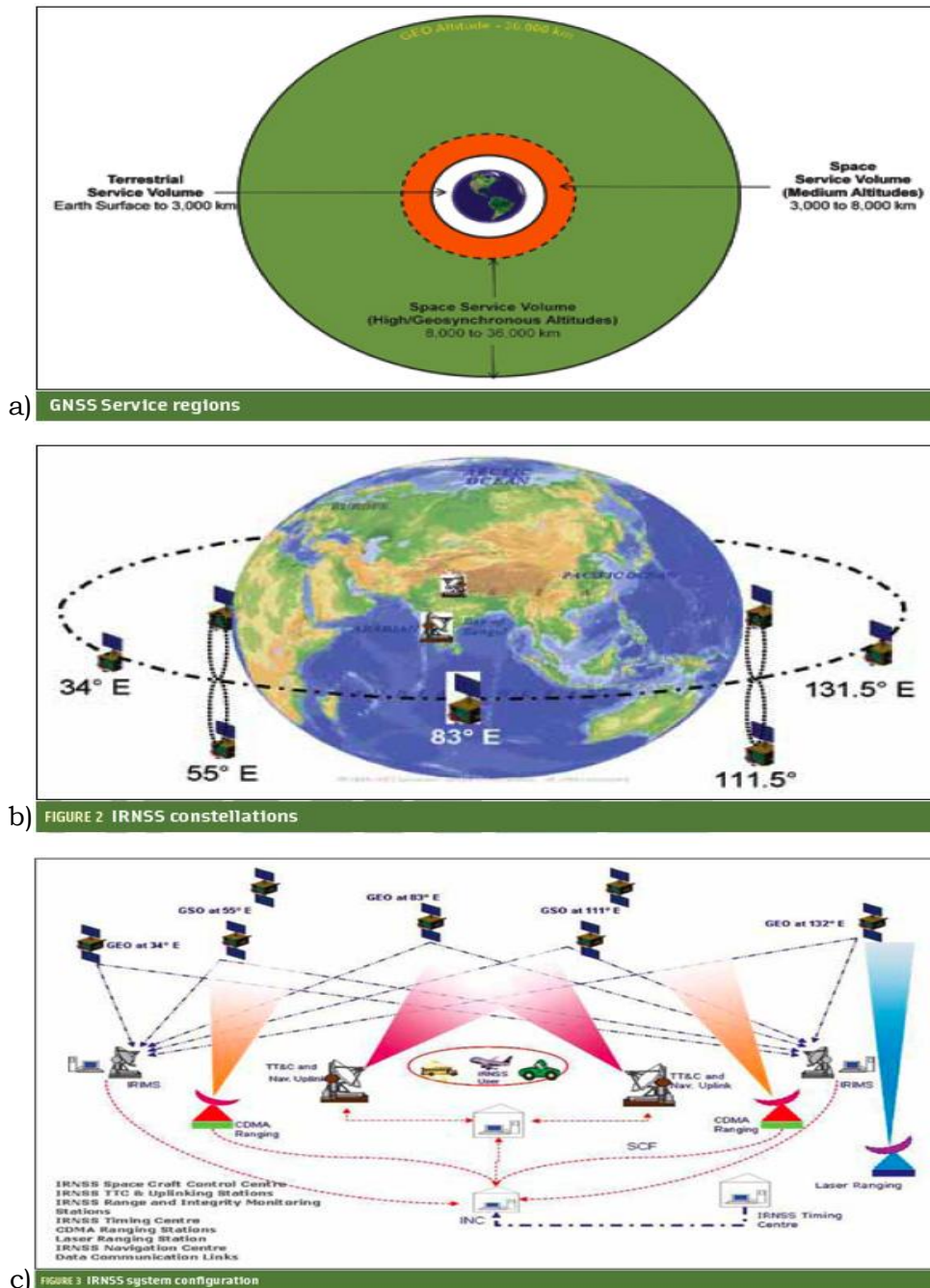
2.6 India Regional Navigation Satellite System (IRNSS)

IRNSS adalah sistem satelit navigasi yang dikembangkan oleh badan antariksa India *India Space Research Organisation (ISRO)* yang berada di bawah kontrol pemerintah India. Pemerintah menyetujui proyek pembangunan ini pada bulan Mei 2006, dan dijadwalkan sistem satelit navigasi ini akan selesai dan dapat diimplementasikan pada tahun 2014.

Konstelasi IRNSS akan terdiri dari 7 (tujuh) satelit, 3 (tiga) di antaranya di

orbit GEO (34° E, 83° E dan $131,5^{\circ}$ E), dan 4 (empat) di GSO dengan kemiringan 29 derajat terhadap bidang ekuator seperti yang ditunjukkan pada gambar 2-3b. Semua satelit akan terus terlihat di wilayah India selama 24 jam setiap hari. Diagram rinci tentang konfigurasi sistem IRNSS, ditunjukkan sebagaimana pada Gambar 2-3c. Sistem IRNSS akan menyediakan dua jenis layanan, yaitu

Service Standard Positioning (SPS), dan *Restricted Service for Special User* (layanan terbatas untuk pengguna khusus). Kedua layanan ini akan disediakan pada frekuensi band L5 dan S-band, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2-3. Aplikasi satelit ini digunakan untuk pemetaan, penentuan posisi dan akurasi cuaca yang lebih baik. (Sumber: *Satellite Navigation*, 2010)



Gambar 2-3: Pelayanan regional (a), konstelasi IRNSS (b), dan sistem konfigurasi IRNSS (c) (Sumber : Indian Regional Navigation Satellite System, 2011)

3 APLIKASI SISTEM SATELIT NAVIGASI GLOBAL

Satelit navigasi global diaplikasikan untuk keperluan militer dan untuk keperluan sipil, antara lain (*Global Positioning System, 2009*):

a. Militer

Sistem satelit navigasi global digunakan untuk keperluan perang, seperti menuntun arah bom, atau mengetahui posisi pasukan berada. Dengan cara ini maka bisa mengetahui teman dan lawan untuk menghindari salah target ataupun menentukan pergerakan pasukan. Salah satu contoh dalam perlombaan senjata antar benua ICBM (*Intercontinental Ballistic Missile*) maka dalam menentukan lokasi yang tepat dari lokasi misil yang di tembakkan oleh musuh. Maka dengan mengetahui lokasi secara tepat bisa menghancurkan musuh beserta seluruh perangkat persenjataan mereka.

b. Sipil

- Sistem satelit navigasi global digunakan sebagai alat navigasi seperti kompas. Beberapa jenis kendaraan telah dilengkapi dengan sistem satelit navigasi global seperti GPS untuk alat bantu navigasi dengan menambah peta, sehingga bisa digunakan untuk memandu pengendara. Dengan demikian, pengendara bisa mengetahui jalur mana yang sebaiknya dipilih untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Teknologi ini telah digunakan di Indonesia. Dengan kelengkapan data yang ada, berbagai kemungkinan rute perjalanan dapat diperoleh. Hal ini sangat membantu apabila saat terjebak kemacetan, dan dengan mudah dapat mengambil jalan terdekat, karena perangkat navigasi secara otomatis akan me-*rerouting* jalur baru untuk sampai ketujuan. Di samping itu juga sistem GPS navigasi dapat dipasang di pesawat

terbang, kapal laut, tank, kapal selam, mobil, truk, dan yang lainnya.

- Sistem satelit navigasi global juga dapat digunakan dalam sistem informasi geografi seperti dalam pembuatan peta, antara lain untuk mengukur jarak perbatasan, ataupun sebagai referensi pengukuran. Beberapa contoh penggunaan menawarkan *display* peta yang di pandu sistem satelit GPS. Setelah terhubung dengan sistem GPS, maka semua peta yang lengkap dengan nama jalan dan tempat layanan publik pun akan terlihat di monitor.
- Sistem satelit navigasi global (seperti GPS) juga dapat digunakan untuk pemantauan gempa. Dengan ketelitian yang tinggi bisa digunakan untuk memantau pergerakan tanah, yang ordenya hanya milimeter dalam setahun. Selain itu, juga dapat digunakan untuk pemantauan pergerakan tanah yang bermanfaat untuk memperkirakan terjadinya gempa, baik pergerakan vulkanik ataupun tektonik.
- Sistem satelit navigasi global (seperti GPS) juga dapat digunakan sebagai pelacak kendaraan. Dengan bantuan GPS, pemilik kendaraan/pengelola armada bisa mengetahui keberadaan kendaraan serta arah pergerakannya. Sistem ini telah digunakan di Indonesia, di mana polisi dapat meringkus seorang pencuri mobil dengan bantuan sistem GPS yang dipasang di mobilnya.
- Sistem satelit navigasi global (seperti GPS) juga dapat digunakan untuk studi Ionosfer dan Troposfer. Satelit tersebut akan memancarkan sinyal-sinyal gelombang elektromagnetik yang sebelumnya diterima antena *receiver* GPS akan melewati medium lapisan-lapisan atmosfer dan troposfer (*Application Global Positioning System-GPS, 2011*).

4 PENUTUP

Dari uraian pada pembahasan dapat disimpulkan bahwa sampai saat ini baru terdapat 2 (dua) sistem satelit navigasi global yang telah beroperasi dan memberikan pelayanan secara global, yaitu sistem satelit navigasi global GPS milik Amerika Serikat dan sistem satelit navigasi global GLONASS milik Rusia. Sistem satelit navigasi global tersebut, utamanya GPS telah dimanfaatkan oleh berbagai negara, termasuk Indonesia, untuk berbagai kepentingan baik militer maupun sipil. Untuk kepentingan militer, antara lain telah digunakan perang, sedangkan untuk kepentingan sipil antara lain digunakan dalam sistem informasi geografi, pemantauan gempa, dan untuk pelacak kendaraan. Amerika Serikat dan Rusia masih terus meningkatkan kemampuan sistem satelitnya tersebut sehingga dapat meningkatkan pelayanannya termasuk untuk kepentingan komersial.

Negara-negara lainnya yang sedang mengembangkan sistem satelit navigasinya adalah (i) Sistem Galileo milik Eropa yang dikembangkan Uni Eropa bekerjasama dengan *European Space Agency* (ESA) direncanakan akan selesai pada tahun 2015, (ii) Sistem navigasi regional Beidou, dikembangkan Cina, juga akan selesai pada tahun 2015, (iii) Sistem navigasi *India Regional Navigational Satellite System* (IRNSS) yang dikembangkan oleh India direncanakan akan selesai pada tahun 2014, dan (iv) *Quasi-Zenith System Satellite* (QZSS) yang dikembangkan oleh Jepang direncanakan akan beroperasi pada tahun 2013.

DAFTAR RUJUKAN

Application Global Positioning System (GPS), 2011. <http://himatesil.ipb.ac.id/index.php/artikel-sil/116-gps.html>.

BeiDou 1 Experimental Satellite Navigation System, 2008. <http://www.sinodefence.com/space/spacecraft/beidou1.asp>.

Borton, Justin, "GPS Surveying, 2010" <http://archive.cyark.org/gps-surveying-blog>.

Choir, Afdhol, 2011. *Aplikasi Global Positioning System GPS*, <http://himatesil.ipb.ac.id/index.php/artikel-tentang-sil/116-gps.html>.

C. Seynat, A. Kealy, K. Zhang, 2004. *A Performance Analysis of Future Global Navigation Satellite Systems*.

ESA, 2010, *Galileo : a Constellation of 30 Navigation Satellites*, http://www.esa.int/esaNA/ESAAZZ6708D_galileo_0.html, Last update: 12 May 2010.

ESA, 2010. *Why Europe Needs Gallileo*, http://www.esa.int/esaNA/GGG0H750NDC_galileo_0.html, 12 May 2010.

Global Positioning System (GPS), 2009. <http://kumtukul.blogspot.com/2009/10/global-positioning-system-gps.html>.

Global navigation satellite system, 2010 http://en.wikipedia.org/wiki/Global_navigation_satellite_system.

GNSS-Global Navigation Satellite System, 1990. http://www.sp.se/en/index/research/time_and_frequency/sid/or/default.aspx.

Globaltimes.cn, April 10 2011. <http://business.globaltimes.cn/industries/2011-04/642763.html>.

Gustav Lindstrong, Giovanni Gasparini, 2003. *The Galileo Satellite System and its Security Implications*, <http://www.iss.europa.eu/uploads/media/occ44.pdf>.

Indian Regional Navigation Satellite System, 2011. <http://www.insidegnss.com/node/2429>.

Introduction to the Global Positioning System for GIS and TRAVERSE, 1996. <http://www.cmtinc.com/gpsbook/>.

Paul Kimppi, 2007. *Nex Generation Satellite Navigation System*. <http://www.activetectonics.coas.oregonstate.edu/classes/Sonar/Kempi2007.pdf>.

Quasi-Zenith Satellite System, 2008.
[http:// en. wikipedia. org/wiki/
Quasi-Zenith_Satellite_System.](http://en.wikipedia.org/wiki/Quasi-Zenith_Satellite_System)

Satellite Navigation, 2010. [http://en.
wikipedia.org/wiki/Satellite_navi-
gation.](http://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_navigation)