

MENENTUKAN SPESIFIKASI SENSOR SATELIT PENGINDERAAN JAUH NASIONAL BERDASARKAN INFORMASI KEBUTUHAN PENGGUNA

Dony Kushardono^{*)}, Syarif Budhiman^{*)}, Bambang Trisakti^{*)}, Suwarsono^{*)}, Ahmad Maryanto^{*)},
Ayom Widipaminto^{*)}, M. Rokhis Khomarudin^{*)}, Winanto^{*)}

^{*)}Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh - LAPAN

e-mail: dony_kushardono@lapan.go.id

Abstract

The necessity of remote sensing satellite data for Indonesia is very important, especially for natural resources mapping, environmental monitoring and disaster mitigation. The purpose of this study was to determine the specifications of national satellite sensors based on user's requirements in Indonesia. The study of remote sensing satellite specification conducted through stakeholders meetings and study of the development of remote sensing technology, which is expected to address the necessity of remote sensing satellites that fit the necessity of Indonesia. Based on the results of the activities that have been carried out, it was divided into four categories of users, for land natural resource, coastal and marine, urban areas, and environmental issues and disaster. The results also shows that Indonesia requires a remote sensing satellite which has 6 spectral channels consists of Near Blue (0:43 to 0:45 mm) , Blue (0:45 to 0:51 mm) , Green (0:53 to 0:59 mm) , Red (0.64-0.67 mm) , Near Infrared (0.85-0.88 mm) , and Shortwave Infrared (1.57-1.68 mm) and one panchromatic channel (0450-0745 mm). The requirement for spatial resolution is 10 m for the multispectral channel and 2.5 m for the panchromatic channel. The requirement for radiometric resolution is between 8-10 bits with radiometric correction. The requirement for temporal resolution is approximately 10 days (nadir) and for the purposes of rapid information the requirement is every 3 days (off nadir). The width of the satellite data coverage is 70 km and the time between the acquisitions is 07.00 to 08.00 am (western part of Indonesian time).

Key Words: *national satellite, sensor specifications, user requirements*

Abstrak

Kebutuhan data satelit penginderaan jauh bagi Indonesia adalah sangat penting, terutama untuk pemetaan sumberdaya alam, pemantauan lingkungan maupun mitigasi bencana. Tujuan penelitian ini untuk menentukan spesifikasi sensor satelit nasional berdasarkan kebutuhan pengguna di Indonesia. Kajian spesifikasi satelit penginderaan jauh dilaksanakan melalui, pertemuan dengan pemangku kepentingan dan mengkaji perkembangan teknologi penginderaan jauh operasional, sehingga diharapkan dapat menjawab kebutuhan satelit penginderaan jauh yang sesuai kebutuhan Indonesia. Berdasarkan hasil kegiatan yang telah dilakukan, terbagi menjadi empat kategori pengguna, untuk sumber daya wilayah darat, pesisir dan laut, kawasan perkotaan, dan masalah lingkungan dan kebencanaan. Dari hasil kajian didapatkan satelit penginderaan jauh yang dibutuhkan di Indonesia memiliki resolusi spektral 6 kanal yang terdiri dari Near Blue (0.43-0.45 mm), Blue (0.45-0.51 mm), Green (0.53-0.59 mm), Red (0.64-0.67 mm), Near Infrared (0.85-0.88 mm), dan Shortwave Infrared (1.57-1.68 mm) dan satu kanal Pankromatik (0.450-0.745 mm). Resolusi spasial yang dibutuhkan adalah 10 m untuk kanal multispektral dan 2.5 m untuk kanal pankromatik. Untuk resolusi radiometrik yang dibutuhkan antara 8-10 bit dengan koreksi radiometrik yang seksama. Untuk resolusi temporal adalah sekitar 10 hari (nadir) dan untuk keperluan informasi cepat diperlukan setiap 3 hari (off nadir). Lebar cakupan data satelitnya adalah 70 km dan waktu akuisi antara jam 07.00 hingga 08.00 WIB.

Kata Kunci : *satelit nasional, spesifikasi sensor, kebutuhan pengguna*

1. Pendahuluan

Teknologi Penginderaan Jauh di Indonesia sudah dimulai sejak tahun 1971 yakni melalui partisipasi LAPAN dalam program ERS-1 atau Landsat pertama, kemudian setelah beberapa tahun disusul pembangunan Stasiun Bumi Penerima data satelit Tiros-N / NOAA dan Landsat. Setelah melalui penelitian yang panjang di LAPAN, pada tahun sembilan puluhan pemanfaatan data penginderaan satelit mulai banyak dipergunakan untuk kepentingan operasional berbagai pengguna untuk mendukung pembangunan di Indonesia. Akan tetapi dalam operasional pemanfaatan data penginderaan jauh di

Indonesia hingga saat ini masih banyak mengandalkan pada satelit penginderaan jauh milik negara asing khususnya Amerika, Jepang dan Eropa (Mahsum dan Zalbawi, 1976, Wiranto, 1985, Mulyadi, 2002).

Penguasaan teknologi penginderaan jauh satelit baru dimulai sejak tahun 2002 yang hasilnya pada 10 Januari 2007 telah diluncurkan Satelit Mikro LAPAN-TUBsat atau LAPAN-A1. Dimana LAPAN-A1 yang berorbit polar, juga sudah mampu melakukan pengambilan gambar permukaan bumi khususnya di Indonesia dari kamera video yang dibawanya dengan resolusi spasial datanya 5m x 5m pada lebar sapuan 3,5Km, dan kamera resolusi rendah 200m x 200m lebar sapuannya 81Km, serta masih akan terus dikembangkan untuk seri berikutnya (Wahyudi, 2010)

Indonesia yang memiliki wilayah yang luas dengan berbagai macam sumberdaya alam dan keanekaragaman hayatinya, membutuhkan banyak data satelit penginderaan jauh untuk pemantauan, untuk itu banyak instansi pemerintah mendapat tawaran pembelian satelit penginderaan jauh nasional. LAPAN setelah berhasil menguasai teknologi satelit mikro, merencanakan pengembangan satelit penginderaan jauh nasional yang dapat digunakan untuk keperluan operasional pemantauan di Indonesia.

Dalam rangka mengembangkan muatan sensor satelit penginderaan jauh multispektral yang dibutuhkan untuk pemantauan objek di wilayah Indonesia perlu terlebih dahulu dilakukan kajian kebutuhan pengguna (*user requirements*) informasi penginderaan jauh. Dimana hasil kajian kebutuhan pengguna tersebut akan dapat dipergunakan menjadi salah satu faktor penentu spesifikasi sensor yang tepat bagi satelit penginderaan jauh nasional.

Kegiatan ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mengkaji kebutuhan pengguna informasi penginderaan jauh di Indonesia, sehingga dapat diperoleh spesifikasi sensor satelit penginderaan jauh nasional yang akan dibangun.

2. Studi pustaka

Data satelit penginderaan jauh resolusi rendah yang dapat diperoleh secara gratis dari satelit Himawari, NOAA, Fengyun-1, Terra dan Aqua, sudah lama dimanfaatkan di Indonesia untuk pemantauan cuaca, kebakaran hutan, kekeringan lahan melalui kehijauan tanaman, hingga prediksi zona potensi penangkapan ikan (Zubaedah dan Arief (2004), Asriningrum *et al.* (2004), Suwargana dan Arief (2004), Noviar *et al.* (2006), Adiningsih dan Khomarudin (1998), Ratih (2002)). Sedang data resolusi spasial menengah dari Satelit Landsat, SPOT dan ALOS banyak dimanfaatkan di Indonesia untuk inventarisasi sumberdaya alam dan pemantauan lingkungan untuk mitigasi bencana seperti prediksi produksi tanaman padi, inventarisasi hutan, perkebunan dan analisis bencana longsor, gunung berapi, bekas lahan terbakar, serta pemetaan untuk inventarisasi terumbu karang hingga untuk mendukung tataruang wilayah (Yulianto, *et al.* (2011), Mulyadi (2009), Parwati *et al.* (2012)).

Dalam rangka untuk mendapatkan data satelit penginderaan jauh dengan resolusi temporal yang tinggi, dilakukan konstalasi beberapa buah satelit yang memiliki karakteristik sensor yang mirip. Salah satu contoh dari satelit penginderaan jauh konstalasi adalah DMC (Disaster Monitoring Constellation) yang berupa 5 buah satelit milik berbagai negara dan masing-masing memiliki karakteristik spektral mirip Landsat TM dan memiliki misi pemantauan bencana dan lingkungan. 5 buah satelit DMC tersebut adalah Beijing-1 (China), UK-DMC (Inggris), BilSat-1t (Turki), AlSat-1 (Algeria), NigeriaSat-1 (Nigeria), yang

masing-masing merupakan satelit kecil berbobot 166 Kg dan diorbitkan pada ketinggian 681 Km (Asianet, 2005, Surrey Sat Tech Ltd, 2011). Dimana Satelit Beijing-1 memiliki 2 sensor yakni pankromatik dengan resolusi spasial sangat tinggi 4m x 4m dan sensor multispektral resolusi spasial 32m x 32m dengan lebar cakupan hingga 600 Km, sedang resolusi radiometriknya adalah 8bit, datanya multispectral mirip band kanal 2, 3 dan 4 Landsat TM, dengan periode orbit satelit 98,8 menit. Dengan lebar cakupan data 600km x 600km, data satelit ini mampu mengeliminir masalah liputan awan yang tinggi di Indonesia, serta memungkinkan menggantikan 12 cakupan data Landsat TM.

Penginderaan jauh hyperspectral yang juga dikenal sebagai pencitraan spektroskopi, sudah mulai banyak dikembangkan untuk deteksi dan identifikasi mineral, vegetasi tanaman dan objek buatan manusia. Sensor penginderaan jauh hyperspectral umumnya terdiri dari sekitar 100 sampai 200 band spektral bandwidth relatif sempit (5-10 nm), dan berbeda dengan sensor multispektral biasanya terdiri dari sekitar 5 sampai 10 band dari bandwidth yang relatif besar (70-400 nm). Salah satu contoh satelit penginderaan jauh hyperspektral adalah Satelit EO-1 (*Earth Observation-1*) yang diorbitkan oleh NASA pada 21 Nopember 2000 dan membawa sensor Hyperion. Sensor Hyperion memberikan citra resolusi spektral tinggi 220 band pada panjang gelombang antara 0.4 μm hingga 2.5 μm dengan resolusi spasial 30 meter dan lebar cakupan citra 7.5 Km x 100 Km, dimana data Hyperion tersebut juga dinataranya telah dipergunakan untuk memvalidasi sensor Satelit Landsat-8 (USGS, 2013). Adanya kemajuan teknologi sensor dan satelitnya, NASA melalui program *Small Satellite Technology Initiative* telah membangun satelit kecil dengan payload yang memiliki sensor *Hyperspectral Imager* (HSI). Contoh lain satelit Hyperspektral kelas mikro adalah Satelit Proba milik ESA.

Sehubungan dengan adanya kelemahan sensor satelit penginderaan jauh optik dalam pemantauan permukaan bumi karena liputan awan, pengaruh cuaca dan siang malam, maka satelit penginderaan jauh sistem radar atau SAR (*Synthetic-aperture radar*) yang mampu mengatasi hal tersebut banyak dikembangkan. Sensor satelit SAR saat ini sudah memiliki spesifikasi multipolarisasi HH, VV, HV, VH (fully polarimetric), dimana penggunaan gabungan data multi polarisasi tersebut memudahkan interpretasi visual maupun klasifikasi digital penutup penggunaan lahan. Selain itu juga sudah memiliki resolusi spasial yang tinggi 2m, 6m dan 16m dengan lebar cakupan data berturut-turut sekitar 10Km, 30Km dan 100Km seperti pada Radarsat-2, ALOS PALSAR maupun TerraSAR-X, sehingga memungkinkan untuk menjalankan misi pemetaan, pemantauan hingga identifikasi objek hampir menyerupai hasil dari satelit penginderaan jauh sensor optik. Selain adanya kemampuan data satelit SAR untuk menghasilkan peta ketinggian atau DEM (Digital Elevation Model), juga dengan satelit SAR konstalasi secara tandem dapat menghasilkan peta ketinggian lebih akurat (CSTARS–University of Miami, 2010, Canadian Space Agency, 2010, DLR, 2010).

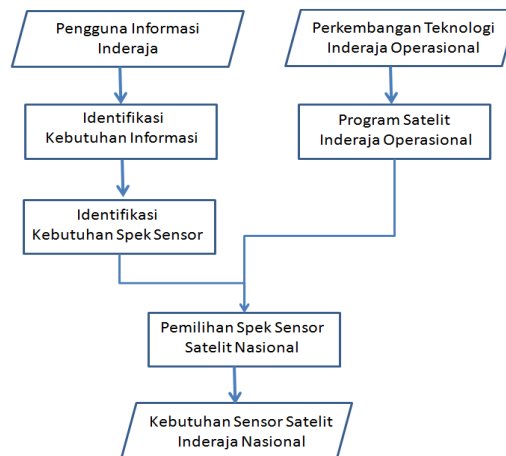
Adanya kemajuan sistem pemaketan dan kompresi data untuk komunikasi antara Satelit dengan Stasiun Bumi serta penggunaan frekuensi yang lebih besar kemampuannya, sebagaimana Gambar 2-8 terdapat tren resolusi spasial data satelit juga semakin tinggi, bahkan sebagai misal WorldView-3 yang akan diluncurkan pada tahun 2014 data sensor pankromatiknya akan memiliki resolusi spasial 31m dan 8 band data multispektral dengan resolusi spasial 3.7m dengan lebar cakupan 13.1 km ditambah 8 data sensor SWIR 30m serta 12 sensor untuk memantau lingkungan global (SIG, 2013).

3. Metode

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan metode seperti diagram pada Gambar 3-1, dimana penelitian ini menggunakan data *deskriptif* berupa informasi kebutuhan pengguna dari hasil *stakeholder meeting*, mengundang narasumber, mengikuti seminar dan workshop yang dilakukan oleh Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN, kemudian dari data kebutuhan pengguna informasi penginderaan jauh yang diperoleh dilakukan kajian spesifikasi sensor satelit yang dibutuhkan berdasarkan pengalaman penelitian dan kajian referensi dari berbagai sumber.

Kajian kebutuhan pengguna informasi dan spesifikasi sensor satelit yang dibutuhkan untuk menghasilkan informasi disajikan berdasarkan tiga kelompok pemanfaatan yakni bidang sumberdaya wilayah darat, bidang sumberdaya wilayah pesisir dan laut, serta bidang lingkungan dan mitigasi bencana.

Untuk mengkaji kebutuhan satelit penginderaan jauh nasional, juga dilakukan kajian literatur perkembangan program satelit penginderaan jauh operasional yang lain serta kemajuan sistem akuisisi data penginderaan jauhnya. Dimana hasil kajian program satelit operasional dipergunakan untuk memilih spesifikasi sensor satelit nasional berdasarkan kebutuhan spek sensor yang didapat dari kebutuhan informasi penginderaan jauh di Indonesia.



Gambar 3-1 Diagram alir identifikasi kebutuhan sensor Satelit Penginderaan Jauh Nasional

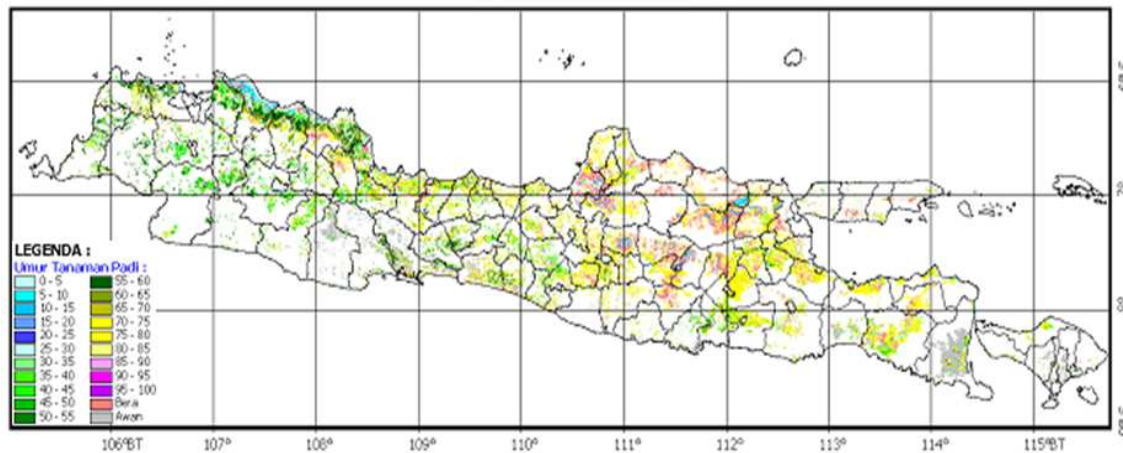
4. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pertemuan dengan pemangku kepentingan, kebutuhan pengguna terbagi menjadi tiga kategori yaitu bidang sumberdaya wilayah darat, bidang sumberdaya pesisir dan laut, dan bidang lingkungan dan mitigasi bencana. Gambaran lengkap kebutuhan pengguna tersebut disajikan secara lengkap sebagai berikut:

4.1. Kebutuhan Pengguna di Bidang Sumberdaya Wilayah Darat

Berdasarkan hasil inventarisasi kebutuhan pengguna pada sektor sumberdaya wilayah darat yang informasinya berasal dari Kementerian Kehutanan, KLH, Kementerian Pertanian, BBSDLP, Balai Irigasi – Kemen PU, Kemenko, BPS, Bappenas, Bulog, KKP baik melalui stakeholder meeting maupun pertemuan lain, diperoleh informasi kebutuhan pengguna yakni, peta penutupan lahan hutan, pertanian, Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014

sumberdaya air serta informasi jenis hutan, produksi pertanian dan potensi danau untuk budidaya. Salah satu contoh informasi pertanian sebagaimana yang pernah dihasilkan LAPAN dari informasi indeks kehijauan data penginderaan jauh adalah umur tanaman padi (Gambar 4-1).



Gambar 4-1 Informasi pertanian (umur tanaman padi) dari data penginderaan jauh (LAPAN, 2006).

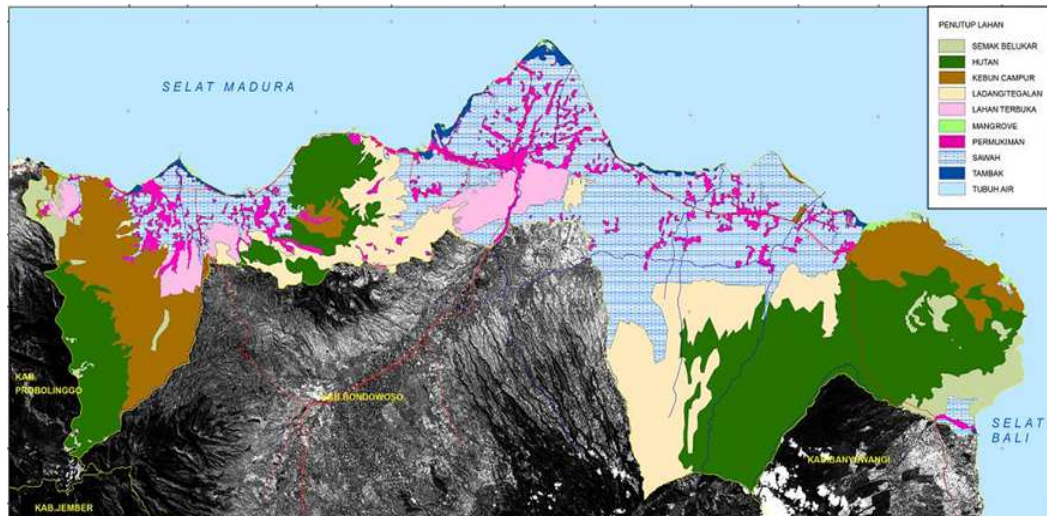
Tidak semua kebutuhan pengguna dapat dikerjakan dengan menggunakan data penginderaan jauh, oleh karena itu kebutuhan pengguna dibatasi pada topik yang membutuhkan informasi spasial yang dapat diturunkan dari data penginderaan jauh. Selanjutnya, informasi spasial yang dapat dihasilkan dari data penginderaan jauh tersebut dapat dibagi menjadi 4 pemanfaatan, yaitu: penutup lahan, kualitas air, bentuk lahan dan geologi.

A. Pemanfaatan Penutup Lahan

Pemanfaatan data penginderaan jauh untuk pemetaan penutup lahan pada contoh Gambar 4-2 adalah diperuntukan mendukung sektor kehutanan, pertanian, perkebunan, tata ruang dan sumber daya air. Pada sektor kehutanan, data penginderaan jauh dapat digunakan untuk memetakan berbagai jenis hutan seperti, hutan alam, hutan gambut, mangrove dan hutan jati. Pada umumnya pemetaan jenis hutan berbasis pada parameter indeks vegetasi, tanah dan DEM (*Digital Elevation Model*) sehingga dibutuhkan spesifikasi sensor berupa band multi spektral (Blue, Red, NIR, SWIR) dan band stereo (*stereo NIR*) seperti sensor ASTER. Spasial 10-30 meter, temporal 8-16 hari untuk kebutuhan pemantauan dan mengurangi permasalahan awan, radiometrik cukup 8 bit.

Sektor pertanian/perkebunan terdiri dari informasi sawah, jagung, tebu, sawit, karet dan teh. Parameter yang mendukung pemetaan sawah, palawija dan perkebunan terdiri dari indeks vegetasi, tanah, tubuh air dan DEM. Sehingga spesifikasi sensornya sama dengan hutan, kecuali palawija dan perkebunan yang cukup dengan menggunakan temporal 0.5 – 1 bulan. Yang perlu diperhatikan bahwa pemetaan sawah, palawija dan perkebunan membutuhkan data iklim.

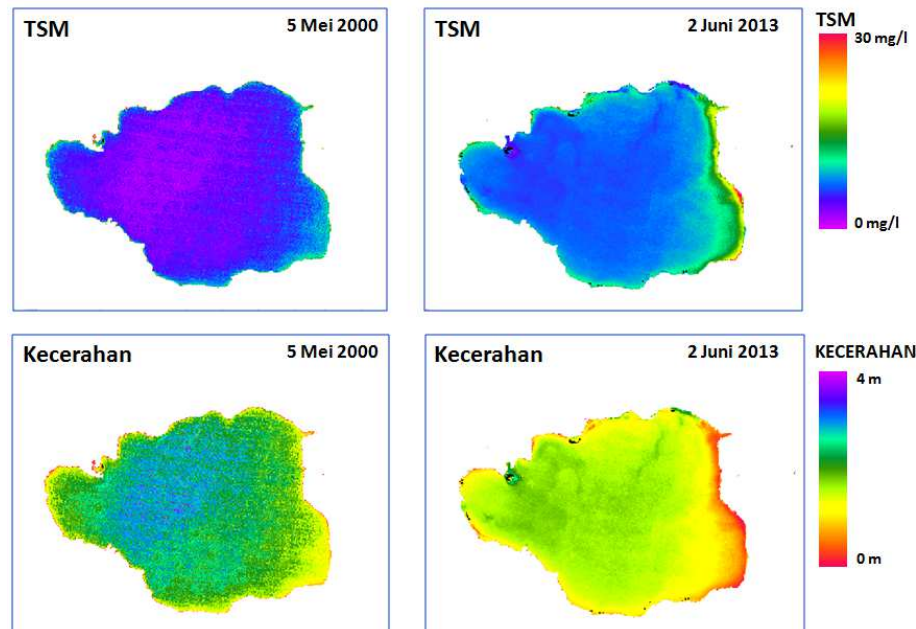
Sektor tata ruang membutuhkan informasi permukiman dan infrastruktur (jaringan jalan), dimana parameternya adalah lahan terbangun dan jalan. Yang membutuhkan band multi spektral, spasial tinggi berkisar 1 – 10 m untuk pemetaan skala 1: 5000 sampai 1: 25.000, temporal 1 bulan dan spectral 8 bit.



Gambar 4-2 Informasi penutup lahan skala kabupaten dari data Satelit Landsat TM (LAPAN, 2004)

B. Kualitas Air

Sektor sumber daya air membutuhkan informasi danau, waduk dan sungai. Parameternya adalah tubuh air sehingga membutuhkan band visible (Green, Red) dan NIR, dengan spasial tinggi sampai menengah 5 – 30 m, temporal 0.5 – 1 bulan, dan radiometrik 8 bit. Informasi kualitas air sangat bermanfaat untuk mendukung sektor sumber daya air, terutama untuk memantau dan menilai kualitas lingkungan air darat. Parameter yang dapat diturunkan adalah TSM, Suhu, Klorofil, kecerahan dan CDOM. TSM dan Kecerahan menunjukkan kondisi pencemaran karena sedimentasi bahan anorganik, sedangkan klorofil dan CDOM menunjukkan kondisi pencemaran karena bahan organik. Spesifikasi sensor yang dibutuhkan adalah: multi spektral dan termal, temporal 10-30 m, temporal 8-16 hari dan radiometrik 8-16 bit. Pada Gambar 4-3 ditunjukkan contoh informasi kualitas air danau yang dapat dihasilkan dari data penginderaan jauh.



Gambar 4-3 Informasi kualitas air danau data Satelit Landsat-8 OLI (Bambang, 2013)

C. Bentuk Lahan dan Geologi

Pemanfaatan geologi dapat mendukung sektor energi dan mineral. Informasi yang dapat dihasilkan adalah struktur, formasi, topografi, jenis batuan, hidrotermal dan lain-lain. Parameter yang dapat diturunkan dari data satelit adalah DEM, batuan dan hidrotermal. Sehingga dibutuhkan citra stereo NIR, band multispektral dan thermal. Spasial bervariasi dari 1, 10 dan 30 m. Temporal bisa sangat rendah, sedangkan radiometrik 8-16 bit.

Informasi geomorfologi, luas area dan DAS yang juga dipergunakan untuk mendukung analisis geologi, parameternya adalah penampakan tanah dan DEM, sehingga dibutuhkan band SWIR dan stereo NIR untuk membuat DEM. Spasial 10-30 m, temporal 8-16 hari dan radiometrik 8 bit.

4.2. Kebutuhan Pengguna di Bidang Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Laut

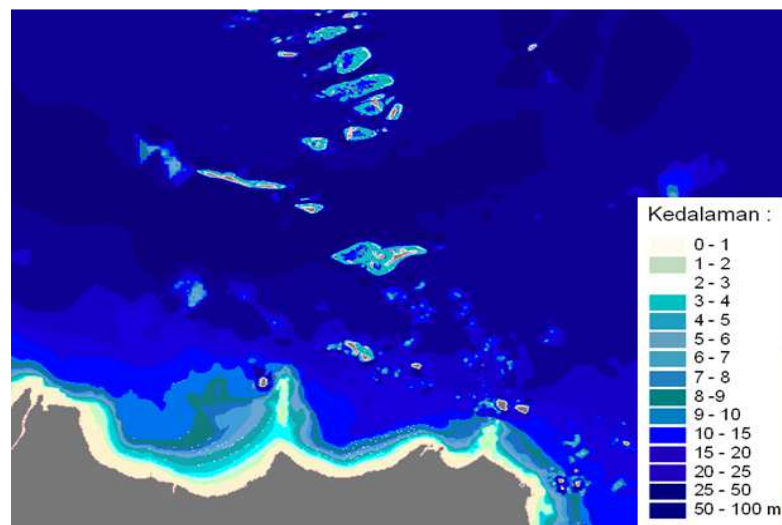
Kajian kebutuhan sensor untuk pemantauan wilayah pesisir dan laut didasari oleh informasi kebutuhan pengguna di Indonesia. Informasi kebutuhan pengguna data satelit untuk pemantauan wilayah pesisir dan laut telah dilakukan pada saat pertemuan *stakeholders meeting* di Bogor pada tanggal 19 Juli 2012 yang dihadiri oleh KKP, Bapenas, Dispamal TNI-AL, KLH, IPB dan BNPB. Dimana dari kebutuhan pengguna yang disampaikan, dapat disarikan menjadi 7 pemanfaatan penggunaan data penginderaan jauh di wilayah pesisir dan laut, yaitu Penutup Lahan, Kualitas Ekosistem Pesisir, Kualitas Perairan Pesisir, Kualitas Perairan Laut, Parameter Oseanografi, Parameter Fisik Pesisir, dan Identifikasi Kapal.

Pada pemanfaatan untuk wilayah pesisir, jenis informasi yang dapat diperoleh adalah ekosistem pesisir (mangrove, terumbu karang dan lamun) dan penutup lahan lainnya yang terkait dengan penataan ruang di wilayah pesisir. Informasi keberadaan mangrove dicirikan oleh keberadaan vegetasi dan air, karena wilayah yang didominasi oleh mangrove umumnya merupakan perairan payau yang kadang tergenang oleh air laut pada pasang tinggi. Keberadaan terumbu karang dan lamun yang berada pada dasar perairan perlu dilakukan perhitungan parameter indeks kolom air untuk menghilangkan pengaruh perairan. Spesifikasi sensor untuk mengidentifikasi keberadaan ketiga ekosistem pesisir tersebut mendekati spesifikasi sensor Landsat dan SPOT. Sedangkan untuk jenis informasi tata ruang, diperlukan resolusi spasial yang lebih tinggi untuk memperoleh informasi kelas penutup lahan pada pulau-pulau kecil.

Informasi mengenai kualitas ekosistem pesisir juga diperlukan oleh pengguna. Untuk mengkaji kualitas obyek suatu penutup lahan, diperlukan informasi karakteristik spektral yang lebih baik. Untuk mangrove, penggunaan indeks vegetasi telah banyak dilakukan dalam pengkajian kualitas mangrove, dan apabila ditambahkan dengan resolusi spektral yang lebih tinggi, maka informasi kualitas mangrove akan lebih detail terungkap, misalnya kajian tingkat stress mangrove hanya dapat dilakukan pada data hiperspektral. Keragaman mangrove dapat memberikan informasi mengenai ekosistem mangrove secara keseluruhan, informasi keragaman (*biodiversity*) ini hanya dapat diperoleh menggunakan data resolusi spektral dan resolusi spasial yang tinggi. Informasi mengenai kualitas ekosistem terumbu karang dan keragamannya akan lebih detail diperoleh dengan hiperspektral dan resolusi spasial yang tinggi seperti sensor CASI dan HyMAP. Hal yang sama juga berlaku untuk lamun.

Pemanfaatan kualitas perairan dibagi menjadi 2, yaitu di wilayah pesisir dan laut. Jenis informasi dan parameter yang diukur dari data penginderaan jauh relatif sama, yaitu padatan terlarut, padatan tersuspensi dan klorofil. Perbedaan yang cukup signifikan adalah pada spesifikasi sensor yang digunakan. Untuk wilayah pesisir, sensor seperti yang terdapat pada Landsat dan SPOT sudah cukup untuk memberikan informasi kualitas perairan, kecuali klorofil. Untuk klorofil di wilayah pesisir, lebih baik digunakan sensor hiperspektral seperti Hyperion. Untuk wilayah laut, resolusi spasial yang diperlukan akan lebih kecil karena harus meliputi wilayah yang lebih luas. Tetapi karena perubahannya lebih dinamis maka diperlukan resolusi temporal yang lebih tinggi. Spesifikasi sensor untuk perairan laut menyerupai spesifikasi sensor MODIS atau MERIS. Resolusi radiometrik untuk kualitas perairan (baik di pesisir maupun darat) diharapkan lebih dari 8 bit, sehingga perbedaan degradasi nilai konsentrasi akan lebih terlihat.

Parameter fisik yang diperlukan oleh pengguna adalah informasi garis pantai dan batimetri. Informasi perubahan garis pantai dapat mengindikasikan perubahan akibat dari naiknya muka air laut atau adanya kondisi alami akibat asupan sedimen yang besar dari sungai atau adanya arus menyusur pantai yang mengangkut sedimen dari suatu wilayah (abrasi) dan mengendapkannya pada wilayah lainnya (akresi). Parameter yang diperoleh dari data penginderaan jauh adalah batas antara kolom air dan daratan yang didapat dari informasi pada panjang gelombang infra merah karena serapan air sangat besar pada panjang gelombang tersebut. Untuk informasi batimetri, diperlukan panjang gelombang yang mampu menembus perairan sampai ke dasar. Selain itu, kondisi perairan harus relatif jernih, sehingga dasar perairan terlihat (Gambar 4-4 contoh informasi batimetri dari data satelit). Spesifikasi sensor untuk pemetaan batimetri misal sensor WorldView.



Gambar 4-4 Informasi batimetri data Satelit Landsat-TM (LAPAN, 2003)

Pemanfaatan parameter oseanografi lebih digunakan untuk bahan kajian zona potensi penangkapan ikan (ZPPI) ditambah dengan informasi klorofil perairan. Umumnya informasi yang digunakan adalah

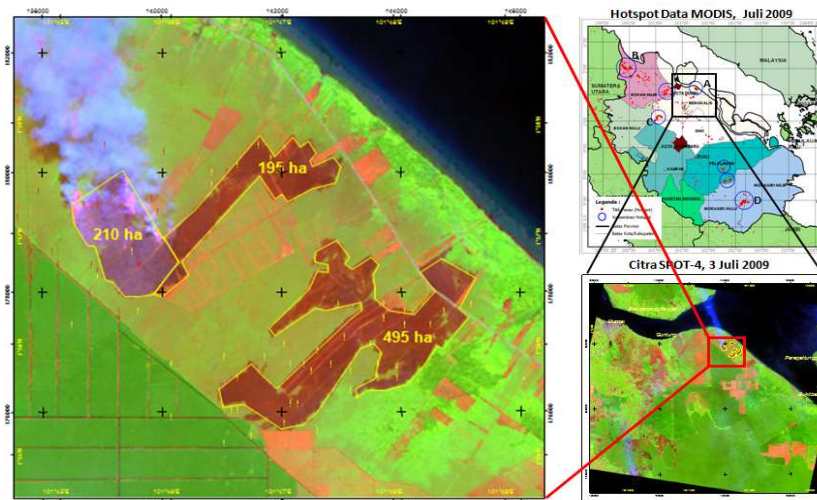
data suhu dari panjang gelombang infra merah thermal dan *microwave* (radar). Untuk parameter suhu permukaan laut sudah dilakukan pemantauan secara operasional oleh LAPAN. Sedangkan pemanfaatan data radar untuk kajian parameter oseanografi lainnya masih dalam lingkup penelitian dan pengembangan di LAPAN, terutama untuk informasi pendukung ZPPI.

Pemanfaatan terakhir adalah kebutuhan pengguna untuk identifikasi kapal. Pemanfaatan ini dapat dilakukan dengan menggunakan data satelit radar, sehingga dapat meliputi wilayah yang luas. Apabila digunakan data satelit optik, dibutuhkan resolusi spasial yang tinggi untuk dapat mengenali dan mengidentifikasi keberadaan objek kapal.

4.3. Kebutuhan Pengguna di Bidang Lingkungan dan Mitigasi Bencana

Kebutuhan pengguna terhadap data penginderaan jauh di bidang lingkungan dan mitigasi bencana meningkat seiring dengan tren peningkatan intensitas bencana dan isu-isu terkait kerusakan lingkungan hidup sejak dua dasawarsa terakhir. Berdasarkan hasil pengumpulan informasi kebutuhan pengguna, kebutuhan pengguna terhadap pemanfaatan data penginderaan jauh di bidang lingkungan dan mitigasi bencana dapat dikelompokkan menjadi tiga kebutuhan utama, yaitu: 1) pemantauan cuaca dan prediksi iklim dari citra satelit, 2) Peringatan dini bencana, dan 3) Respon cepat bencana.

Hasil-hasil riset pemanfaatan penginderaan jauh untuk pemantauan cuaca dan prediksi iklim meliputi jenis informasi curah hujan harian dan prediksi curah hujan bulanan hingga empat bulan ke depan. Kebutuhan pengguna terhadap hasil riset pemanfaatan penginderaan jauh untuk peringatan dini bencana meliputi jenis informasi SPBK (Sistem Peringkat Bahaya Kebakaran), daerah potensi banjir, prediksi potensi banjir, kekeringan dan penurunan permukaan lahan. Sedangkan kebutuhan pengguna terhadap hasil respon cepat bencana meliputi jenis informasi wilayah terdampak gempa bumi, tsunami, banjir, tanah longsor, dan erupsi gunungapi (jatuhan piroklastik, lava, dan lahar dingin), serta kebakaran lahan (contoh Gambar 4-5).

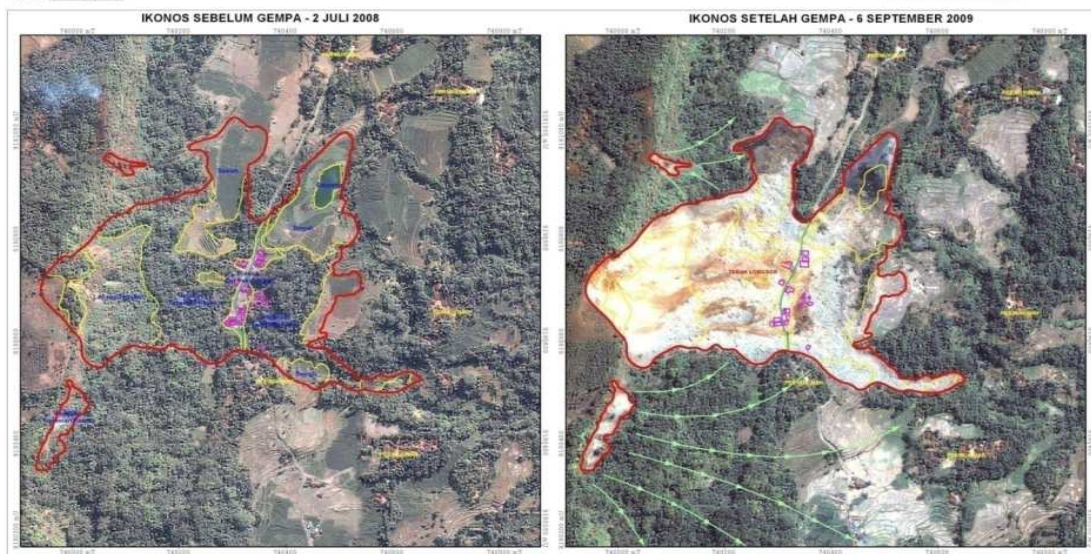


Gambar 4-5. Informasi Kebakaran Lahan dari data Satelit Penginderaan Jauh (LAPAN, 2009a)

Pengguna utama hasil-hasil riset pemanfaatan data penginderaan jauh di bidang lingkungan dan mitigasi bencana meliputi instansi pemerintah (baik pusat maupun daerah), dan masyarakat umum melalui Lembaga Swadaya Masyarakat, serta tak ketinggalan dari insan akademis. Di sini, untuk kalangan swasta dan usahawan masih belum menjadi pengguna yang utama. Pengguna utama dari instansi pemerintah meliputi BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana), Kementerian Kehutanan, Kementerian Lingkungan Hidup, Kementerian Pertanian, Kementerian Pekerjaan Umum, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, serta BMKG. Dari Pemerintah Daerah tak ketinggalan Badan Nasional Penanggulangan Bencana Daerah, Dinas Kehutanan, Dinas Pertanian, serta Badan Lingkungan Hidup Daerah.

Untuk pemanfaatan di bidang lingkungan dan mitigasi bencana secara komprehensif diperlukan sensor dengan spesifikasi multispektral, multispasial dan mutitemporal. Dari sisi multispektral, diperlukan sensor yang mampu merekam spektrum mulai dari spektrum tampak (*visible*) hingga inframerah termal. Dari sisi spasial, diperlukan citra yang mampu merekam spasial detil (< 4 meter) hingga spasial rendah (skala kilometer). Sedangkan dari sisi temporal, diperlukan satelit yang bervariasi mulai dari temporal rendah hingga temporal tinggi. Dalam konteks kebencanaan diperlukan suatu gerak cepat dan “waktu” menjadi faktor yang sangat diperhitungkan, sehingga suatu kejadian bencana mampu direkam pada saat itu juga (*real* atau *near real time*). Dalam konteks ini, contoh citra satelit yang saat ini beroperasi adalah citra MODIS, NOAA, maupun MTSAT yang menekankan suatu kebutuhan citra dengan resolusi temporal yang tinggi.

Di sisi lain, diperlukannya citra resolusi tinggi untuk menampilkan detil-detil kerusakan atau obyek-obyek yang mengalami kerusakan atau terkena dampak bencana, seperti bangunan rumah yang roboh, lahan pertanian yang musnah, infrastruktur yang hancur, ataupun pantai yang hilang. Contoh citra satelit yang saat ini beroperasi dan memiliki kemampuan demikian adalah seperti IKONOS, Quickbird, SPOT 5/6 (contoh Gambar 4-6).



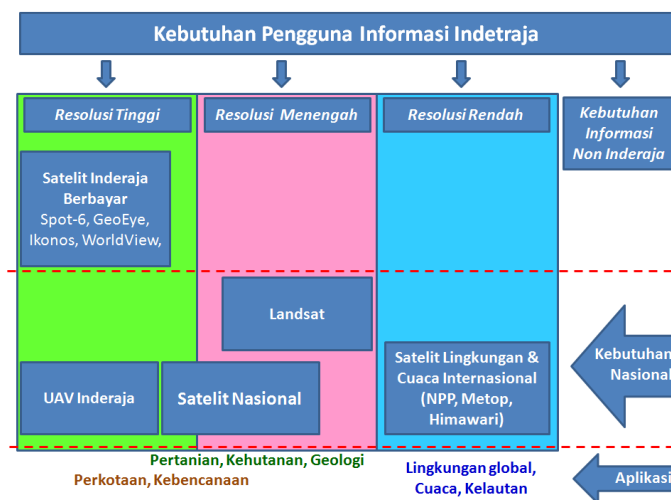
Gambar 4-6. Informasi Kejadian Bencana Longsor dari data Satelit Ikonos (LAPAN, 2009b)

Dalam pemanfaatannya, terutama untuk sistem peringatan dini dan respon cepat bencana, tutupan awan merupakan kendala utama bagi perekaman data oleh sensor satelit di wilayah Indonesia yang beriklim tropis. Kebutuhan akan sensor SAR menjadi solusi utama pemecahan permasalahan. Kejadian banjir besar di Jakarta pada tahun 2007 dan 2013 baru-baru ini telah membuktikan bahwa citra tersebut sangat tepat untuk memantau sebaran wilayah tergenang banjir yang berada di bawah tutupan awan tebal. Meskipun hanya berada dalam kisaran optis spektrum tampak penggunaan foto udara pesawat tanpa awak telah diujicobakan untuk memantau banjir Jakarta di awal tahun 2013, dan telah memberikan solusi dalam andilnya merekam bangunan dan infrastruktur yang terendam banjir.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa untuk memenuhi semua kebutuhan pengguna bidang lingkungan dan mitigasi bencana diperlukan citra dengan spesifikasi yang bervariasi atau kompleks.

4.4. Spesifikasi Teknis Satelit Nasional

Berdasarkan hasil kajian kemajuan teknologi penginderaan jauh sebagaimana pada studi pustaka serta hasil kajian kebutuhan pengguna informasinya seperti di atas, sensor satelit nasional ditentukan sebagaimana Gambar 4-7. Dimana secara umum dengan semakin majunya teknologi akuisisi data penginderaan jauh, kebutuhan pengguna selain akan bisa dikembangkan juga resolusinya akan bisa ditingkatkan khususnya untuk inventarisasi dan pemantauan sumberdaya alam dan lingkungan skala lokal. Sebagai misal kebutuhan informasi lingkungan dari data penginderaan jauh untuk keperluan mitigasi bencana yang spesifikasinya butuh resolusi spasial 50 cm hingga 30m dan cukup sulit dipenuhi kebutuhan resolusi temporalnya dari satelit penginderaan jauh resolusi spasial tinggi seperti Landsat hingga kelas Ikonos. Sebagai alternatif, dengan berkembangnya teknologi akuisisi data dengan wahana pesawat terbang tanpa awak yang juga mampu membawa kamera untuk misi penginderaan jauh, kebutuhan informasi tersebut dapat diperoleh real time dengan resolusi spasial dibawah 40cm.



Gambar 4-7 Penentuan sensor Satelit Nasional

Sedang kebutuhan informasi penginderaan jauh resolusi rendah yang dibutuhkan untuk pemantauan lingkungan dan cuaca, melihat program satelit penginderaan jauh operasional masih akan bisa dipenuhi kebutuhan datanya secara gratis baik dari Himawari, NOAA, MODIS atau penggantinya nanti.

Kemajuan teknologi penginderaan jauh satelit yang untuk misi pemantauan sumberdaya alam yang trennya memiliki resolusi spasial makin tinggi hingga 40cm, operasionalnya berkonstanlasi dengan beberapa satelit dengan misi serupa serta adanya kemajuan komunikasi data, selain akan mampu memenuhi spesifikasi data yang dibutuhkan pengguna juga akan memungkinkan adanya peningkatan akurasi informasi yang dihasilkan dan pengembangan kebutuhan pengguna dimasa akan datang. Sebagai misal dengan data satelit konstalasi DMC yang memiliki band mirip Landsat TM dengan cakupan yang sangat lebar dan perolehan datanya bisa harian, kebutuhan pengguna yang tadinya hanya untuk inventarisasi sawah, informasinya bisa dikembangkan untuk memantau kondisi fisik pertumbuhan tanamannya atau kondisi lingkungannya yang dinamik seperti adanya banjir atau kekeringan untuk menghindari kerugian yang lebih besar. Demikian juga dengan ditambah semakin meningkatkan akurasi informasi spasialnya akan dapat dipergunakan misal untuk memantau dinamika lingkungan danau untuk mendukung budidaya perikanan darat.

Berdasarkan fakta hasil inventarisasi kebutuhan pengguna informasi, kemajuan tehnologi penginderaan jauh serta program satelit penginderaan jauh operasional, maka spesifikasi teknis sensor satelit penginderaan jauh nasional yang diharapkan adalah seperti pada Tabel 4-1 di bawah. Dimana satelit diharapkan memiliki misi ***“pemantauan sumberdaya alam wilayah pesisir, daratan dan mendukung mitigasi bencana alam”***.

Tabel 4-1. Spesifikasi teknis sensor Satelit Nasional yang diinginkan

	Resolusi	Keterangan
Spektral	7 band : NB : 0.43-0.45 mm B : 0.45-0.51 mm G : 0.53-0.59 mm R : 0.64-0.67 mm NIR : 0.85-0.88 mm SWIR : 1.57-1.68 mm Pankromatik : 0.450-0.745 mm	Untuk keperluan misi pemantauan pesisir, perairan terbuka, pertanian, kehutanan, perkotaan dan geologi
Spasial	2,5 m (pankromatik) 10 m (Multispektral)	2,5 m untuk kebencanaan, perkotaan, infrastruktur, irigasi
Radiometrik	8 bit data	Perlu test site untuk koreksi radiometrik
Temporal	3 hari (off nadir) 10 hari (nadir)	3 hari untuk kebencanaan
Lebar cakupan	70 km	Konstalasi lebih diinginkan agar cakupan lebih luas
Waktu akusisi data	8.00 AM	Sun-synchronous, local time

Satelit dengan misi seperti tersebut diatas, diharapkan memiliki resolusi spektral 7 band, yakni Band Biru Dekat (NB) yang keutamaannya adalah untuk pemantauan pesisir dan perairan terbuka, Band Biru (B), Band Hijau (G), Band Merah (R), Inframerah Dekat (NIR) yang keutamaannya untuk pemetaan aplikasi perkotaan dan geologi, serta Inframerah Panjang Gelombang Pendek (SWIR) yang keutamaannya adalah untuk pemantauan vegetasi. Dimana 7 band multispektral tersebut akan memiliki resolusi spasial 10m yang dibutuhkan pemetaan skala 1:25.000 untuk penggunaan lahan, aplikasi pertanian, kehutanan, kajian pesisir, serta dilengkapi band pankromatik dengan resolusi spasial 2,5 m yang diutamakan untuk inventarisasi objek-objek perkotaan, kebencanaan dan infrastruktur. Data tersebut diharapkan memiliki resolusi radiometrik 8 bit dengan distribusi nilai kecerahan yang baik, dan untuk keperluan koreksi radiometrik dalam operasionalnya diharapkan juga memiliki tes area di wilayah yang atmosfernya relatif paling cerah di Indonesia seperti di NTT.

Agar cukup untuk pemantauan tanaman pertanian semusim seperti padi, resolusi temporal diharapkan 10 harian pada nadir dengan lebar cakupan 70 km. Akan tetapi jika terjadi bencana, satelit diharapkan juga mampu memantau dengan resolusi temporal 3 harian pada posisi off nadir. Untuk meminimalkan pengaruh liputan awan dan memperluas daerah pemantauan, lebih diharapkan jika satelit sejenis lebih dari satu yang beroperasi secara konstalasi. Sedang agar mendapatkan liputan yang relatif minim awan serta pencahayaan matahari yang optimal, diharapkan satelit beroperasi dengan melintasi katulistiwa di wilayah Indonesia sekitar pukul 8.00 pagi waktu lokal (*sun-synchronous*). Hal tersebut dikarenakan sekitar pukul 8.00 pagi pembentukan awan di wilayah katulistiwa belum terjadi dan kabut di wilayah pegunungan sudah mulai menghilang. Akan tetapi agar dapat memperhankan orbit dalam waktu yang lama, satelit diharapkan memiliki orbital keeping yang bisa beroperasi untuk sekurangnya 3 tahun.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian kebutuhan pengguna informasi penginderaan jauh di Indonesia, pengalaman penelitian LAPAN, dan kajian perkembangan teknologi penginderaan jauh, dari penelitian ini telah didapatkan spesifikasi sensor untuk satelit penginderaan jauh nasional.

Diluar satelit penginderaan jauh operasional yang lain, satelit nasional yang akan dibangun memiliki misi pemantauan sumberdaya alam wilayah pesisir, daratan dan mendukung mitigasi bencana alam, sehingga untuk memenuhi kebutuhan pengguna di Indonesia, spesifikasi sensor yang diperlukan adalah memiliki resolusi spektral 7 band multispektral (NB, RGB, NIR, SWIR) dan 1 band pankromatik, dengan spasial 10 m untuk multispektral dan 2.5m untuk pankromatik serta lebar cakupan 70Km. Resolusi temporalnya 10 hari pada nadir dan 3 hari pada off nadir, serta resolusi radiometrik 8 bit, dengan orbit sun-synchronous sekitar pukul 8.00 pagi waktu lokal.

Disarankan untuk mendapatkan liputan data yang bebas awan serta cakupan yang lebih luas diharapkan satelit penginderaan jauh nasional berkonstalasi dengan satelit lain. Dan spesifikasi sensor hasil kajian ini masih terbuka untuk mendapatkan masukan penyempurnaan.

6. Daftar Rujukan

- Adiningsih, E. S. dan Khomarudin, M. R. 1998. *Analisis Pendugaan Curah Hujan dan Kerawanan Banjir Dengan Data Satelit Studi Kasus Kota Semarang*. Majalah LAPAN No.85 / XXII. LAPAN, Jakarta.
- Asianet, 2005, *Beijing-1' Earth Observation Microsatellite Ready For Launch*, News.Xinhuanet.Com/English/2005-10/27/Content_3691544.Htm (diunduh Maret 2013).
- Asriningrum, W., Noviar, H., dan Suwarsono. 2004. *Pengembangan Metode Zonasi Daerah Bahaya Letusan Gunung Api Studi Kasus Gunung Merapi*. J. Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital Vol. 1 No.1.
- Bambang T. 2013. *Pemanfaatan Data Inderaja Untuk Pemantauan Sumberdaya Air*. Laporan Akhir Tahun. Pusfatja, LAPAN, Jakarta.
- Bukata, R.P. 2005. *Satellite Monitoring of Inland and Coastal Water Quality: Retrospection, Introspection, Future Direction*. CRC Taylor and Francis Group.
- Canadian Space Agency, 2010. *Radarsat Component and Specification*. <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/satellites/radarsat1/components.asp>, (diunduh Januari 2010)
- CSTARS–University of Miami. 2010. *Synthetic Aperture Radar (SAR) satellite-specifications*. <http://www.cstars.miami.edu/cstars-info/satellite-specifications>, diunduh Januari 2010
- DLR. 2010. *TerraSAR-X Synthetic Aperture Radar (SAR)*. <http://www.dlr.de/en/desktopdefault.aspx/tabid-4219/> (diunduh Januari 2010).
- Guoqing Zhou, Oktay Baysal and Paul Kauffmann. 2002. *Current status and future tendency of sensors In earth observing satellites*. ISPRS Comm. I, Special Session, FIEOS/ISPRS Conference Proceedings
- Kirk, J.T.O. 1994. *Light and photosynthesis in aquatic ecosystems*. Cambridge Univ. Press, New York.
- LAPAN. 2003. *Kegiatan Kesuaian Lahan untuk Budidaya Ikan dengan KJA di Kepulauan Seribu*. Pusbangja LAPAN (tidak dipublikasi).
- LAPAN. 2004. *Kegiatan Kerjasama Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh LAPAN dengan Pemda Situbondo*. Pusbangja LAPAN, (tidak dipublikasi).
- LAPAN. 2006. *Kegiatan Pemantauan Sawah*. Pusbangja LAPAN, (tidak dipublikasi).
- LAPAN. 2009a. *Kegiatan Pemantauan Kebakaran Lahan*. Pusbangja LAPAN, (tidak dipublikasi).
- LAPAN. 2009b. *Kegiatan Tanggap Cepat untuk Mitigasi Bencana*. Pusbangja LAPAN, (tidak dipublikasi).
- Mahsun, I dan Z. Soejoeti. 1976. *Proyek Pemanfaatan Satelit Tele Deteksi Sumberdaya alam / Proyek Telsa*. LAPAN, Jakarta
- Martin Herold. 2009. *An assessment of national forest monitoring capabilities in tropical non-Annex I countries: Recommendations for capacity building*. Final report The Prince's Rainforests Project and The Government of Norway. Global Observation of Forest and Land Cover Dynamics.
- Mobley, C.D.. 1994. *Light and water radiative transfer in natural waters*. Academic Press.

- Mulyadi K., (editor). 2009. *Pemanfaatan Data Inderaja untuk Pemantauan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Massma Publishing.
- Noviar, H., Asriningrum, W., Hartuti, M., dan Rijono, Y., 2006. *Pengukuran Suhu Permukaan Lahan Untuk Prediksi Letusan Gunung Api*. J. Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital Vol. 3 No.1 ,.
- Parwati, Zubaedah, A., Vetrira, Y., Yulianto, F., Sukowati, K.A.D., dan Khomarudin, M.R. 2012. *Kapasitas Indek Lahan Terbakar Normalized Burn Ratio (NBR) dan Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dalam Mengidentifikasi Bekas Lahan Terbakar Berdasarkan Data SPOT-4*. J. Geomatika. Vol. 18 No. 1.
- Ratih D. (editor). 2002. *Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh Satelit dan SIG dalam penyediaan Informasi untuk Mitigasi Rawan Bencana*. Pusbangja LAPAN.
- SIG, WORLDVIEW-3 Satellite Sensor. 2013, <http://www.satimagingcorp.com> (diunduh 25 Maret 2013)
- Stuart Eves. 2007. *Future Optical Surveillance Using Small Satellites*. 5th Responsive Space Conf., LA.
- Surrey Sat. Tech. Ltd. 2011. *Earth Observation Constellations*. <http://www.sstl.co.uk/Divisions/Earth-Observation-Science/EO-Constellations>, diunduh Januari 2011
- Susanto, R. D., Moore II, T. S., dan Marra, J. 2006. *Ocean color variability in the Indonesian Seas during the SeaWiFS era*. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 7(5).
- Suwargana, N. dan Arief, M. 2004. *Penentuan Suhu Permukaan Laut dan Konsentrasi Klorofil Untuk Pengembangan Model Prediksi SST/Fishing Ground Dengan Menggunakan Data Modis*. J. Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital Vol. 1 No.1.
- Umar S.T., 2007. *Urgensi Teknologi Penginderaan Jauh Satelit untuk Pertahanan Keamanan dan Pembangunan Nasional*. STT No.2289, Vol.10, No.13, Puslitbang Indhan Balitbang Dephan
- USGS. 2013. *Sensor Hyperion*. <http://eo1.usgs.gov/> (diunduh 30 Maret 2013).
- Yulianto, F., Parwati, Khomarudin, M.R, and Haidar, M. 2012. *Extracting the damaging effects of the 2010 eruption of Merapi volcano in Central Java*. *Nat.Hazards*. DOI 10.1007/s11069-012-0438-4.
- Wahyudi H.. 2010. *Penentuan Spesifikasi Optik Kamera Pengamatan Bumi di Satelit LAPAN-A2 dan Satelit LAPAN-A3*. Satelit Mikro Untuk Mitigasi Bencana Dan Ketahanan Pangan IPB Press.
- Wiranto Arismunandar. 1985. *LAPAN 1985*. Special Edition of LAPAN Journal
- Zubaedah, A. dan Arief, M. 2004. *Distribusi Spasial Hotspot dan Sebaran Asap Indikator Kebakaran Hutan/Lahan Di Pulau Sumatera dan Kalimantan Tahun 2002*. J. Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital Vol. 1 No.1.