

KEBUTUHAN PENGGUNA DATA PENGINDERAAN JAUH DI INDONESIA: STUDI AWAL UNTUK CONCEPTUAL DESIGN REVIEW SATELIT SAR EKUATORIAL INDONESIA INARSSAT-1

**Dony Kushardono¹, Ratih Dewanti², Katmoko Ari Sambodo², Rahmat Arief²,
Ahmad Maryanto², Suhermanto³**

National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN)

¹ Remote Sensing Applications Center (Pusfatja)

² Remote Sensing Technology and Data Center (Pustekdata)

³ Satellite Technology Center (Pusteksat)

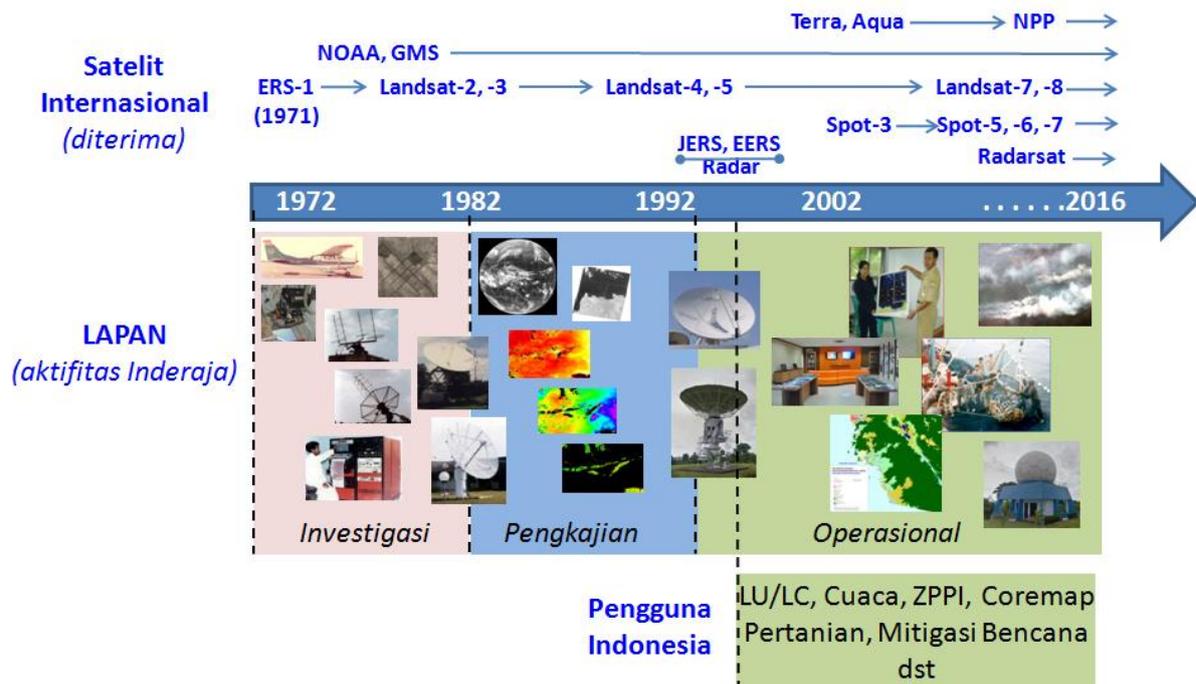
Abstrak. Aktifitas penginderaan jauh sudah lama dilaksanakan di Indonesia, dimana periode operasional sudah dilakukan sejak 1993 untuk mendukung berbagai sektor pembangunan dan pelestarian lingkungan. Sumber utama data penginderaan jauh di Indonesia saat ini adalah dari satelit internasional sensor optik seperti Landsat, SPOT, dan seterusnya, dimana sering mengalami kendala yakni tingginya liputan awan. Satelit penginderaan jauh sensor radar (*Synthetic Aperture Radar / SAR*) memiliki kemampuan memantau permukaan bumi siang malam tanpa gangguan cuaca. Penelitian ini bertujuan menentukan spesifikasi awal sensor satelit penginderaan jauh radar nasional berdasarkan informasi kebutuhan pengguna di Indonesia. Dari hasil analisis informasi kebutuhan pengguna yang dikelompokkan menjadi bidang pertanian, kehutanan, kelautan, geologi, kebencanaan dan pemetaan, diperoleh spesifikasi sensor yakni untuk bidang sumberdaya wilayah darat membutuhkan resolusi temporal tinggi hingga rendah, resolusi spasial tinggi hingga menengah, dan membutuhkan multipolarisasi radar. Sedang bidang sumberdaya wilayah laut membutuhkan resolusi temporal tinggi, resolusi spasial menengah hingga rendah, dan cukup singlepolarisasi radar. Untuk kebencanaan membutuhkan resolusi temporal tinggi, resolusi spasial juga tinggi hingga menengah, dan cukup dual polarisasi radar.

Kata kunci: kebutuhan pengguna, satelit penginderaan jauh nasional, spesifikasi sensor radar

1. Pendahuluan

Teknologi Penginderaan Jauh (Inderaja) di Indonesia sudah dimulai sejak tahun 1971 yakni melalui partisipasi LAPAN dalam program ERS-1 atau Landsat pertama, yang kemudian disusul pembangunan Stasiun Bumi Penerima data satelit Tiros-N / NOAA HRPT dan Landsat MSS setelah beberapa tahun kemudian (Mahsum dan Soejoeti, 1976, Wiranto, 1985). Dimana kronologi perkembangan inderaja di Indonesia dibagi menjadi 3 periode yakni, periode investigasi atau penjajagan pada tahun 1972-1982, periode percobaan pada 1982-1993, dan periode operasional sejak 1992 hingga sekarang (Kartasasmita, 2001).

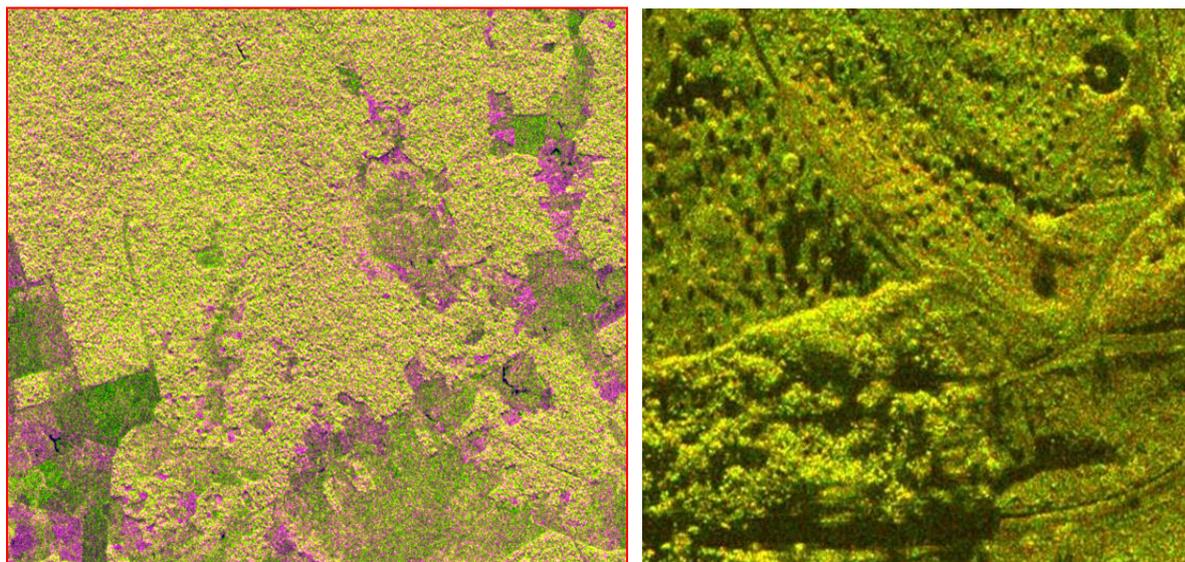
Setelah melalui penelitian yang panjang di Indonesia, sejak tahun sembilan puluhan pemanfaatan data inderaja dari satelit-satelit internasional yang diterima di LAPAN, mulai banyak dipergunakan untuk kepentingan operasional berbagai pengguna untuk mendukung pembangunan di Indonesia, antara lain inventarisasi dan pemantauan perubahan penutup lahan, inventarisasi sumber daya lahan hutan, perkebunan, pertanian dan pesisir, tata ruang, dan pemantauan lingkungan untuk mendukung mitigasi bencana serta pemetaan (Mulyadi, 2009), dimana hasil informasinya didistribusikan ke berbagai institusi dan masyarakat di Indonesia (Gambar 1).



Gambar 1. Riwayat pemanfaatan teknologi penginderaan jauh di Indonesia

Sejak beroperasionalnya stasiun bumi penerima data indera satelit di LAPAN mulai tahun 1982 hingga saat ini masih banyak mengandalkan pada satelit satelit milik negara asing khususnya Amerika, Jepang dan Eropa. Penguasaan teknologi satelit untuk pemantauan bumi telah dimulai sejak tahun 2002 oleh LAPAN, dimana hasilnya pada 2007 telah mengorbitkan satelit eksperimen LAPAN-A1 yang membawa muatan kamera video, tahun 2015 LAPAN-A2 yang memiliki orbit ekuator mulai dioperasikan dengan membawa muatan kamera matrik dan beberapa sensor lainnya, dan tahun 2016 ini telah diorbitkan satelit eksperimen misi indera satelit LAPAN A3 (Wahyudi, 2010, Kompas, 2015, Kompas, 2016).

Berdasarkan pengalaman sekitar 23 tahun melakukan operasional pemanfaatan indera satelit di Indonesia, dimana umumnya data yang dimanfaatkan adalah dari satelit optik seperti Landsat, Spot, Ikonos dst, kendala utama pemanfaatan data satelit optik di wilayah tropis Indonesia adalah liputan awan yang cukup tinggi sepanjang tahun. Untuk itu sudah saatnya mempertimbangan penggunaan satelit indera satelit radar atau SAR (*Sinthetic Aperture Radar*) yang dapat beroperasi tanpa gangguan cuaca serta dapat menembus awan. Pada tahun sembilan puluhan Stasiun bumi LAPAN pernah menerima data SAR polarisasi tunggal (single) dari JERS-1 dan ERS-1, -2, akan tetapi pemanfaatan datanya hampir tidak ada sehubungan dengan sulitnya interpretasi, serta akurasi informasi penutup lahannya lebih rendah dibanding data optik seperti Landsat TM (Kushardono, 1996, dan 1997). Pada era tahun dua ribuan teknologi penginderaan jauh SAR mulai berkembang pesat dengan telah diorbitkannya Satelit radar multipolarisasi ENVISAT-1 C band SAR pada tahun 2002, disusul L band ALOS PALSAR pada tahun 2006 dan 2007 radar X band TerraSAR-X dan Cosmo-SkyMed serta Radarsat-2 (CSTARS Univ. of Miami, 2016). Dengan data satelit radar multipolarisasi yaitu HH, HV, VV dan VH dimungkinkan membuat kombinasi RGB mirip komposit warna pada citra satelit optik sehingga lebih memudahkan dalam interpretasinya. Semakin tingginya resolusi spasial data SAR seperti contoh pada Gambar 2 pada saat ini, selain dapat dipergunakan untuk deteksi ketinggian objek melalui tehnik interferometri (Fletcher, 2007), juga dapat dipergunakan untuk mendeteksi keberadaan kapal secara otomatis (Katmoko, 2012) serta tumpahan minyak (oilspill) di laut (Mihoub and Hassini, 2014), demikian pula dengan multipolarisasi data SAR akurasi hasil klasifikasi penutup lahan menjadi tinggi (Kushardono, 2012, Katmoko and Indriasari, 2013).

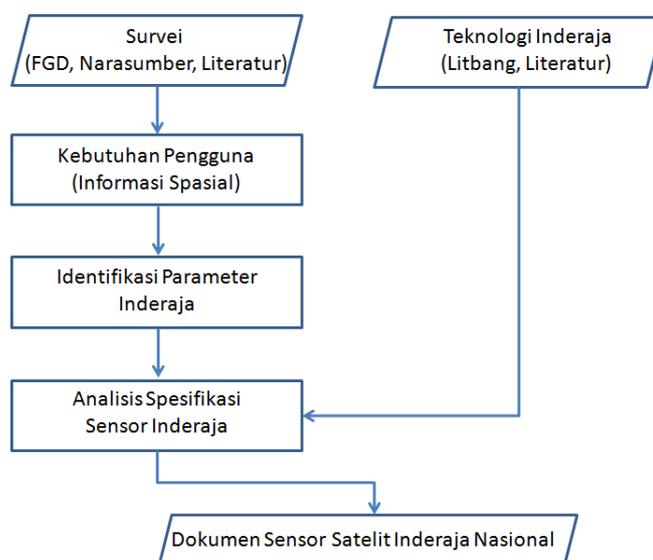


Gambar 2. Citra komposit SAR multipolarisasi dan resolusi spasial tinggi untuk mengidentifikasi objek detail (Engkle, 2010).

Penelitian ini adalah kajian lanjutan dari penelitian Kushardono et.al. (2014) yang mengkaji kebutuhan sensor satelit optik di Indonesia, dimana pada penelitian ini data kebutuhan pengguna informasi di Indonesia dikembangkan untuk mendapatkan gambaran spesifikasi sensor satelit indera radar.

2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dimana penelitian ini menggunakan data *deskriptif* berupa informasi kebutuhan pengguna dari hasil *stakeholder meeting* dan mengundang narasumber yang diadakan pada bulan Juli 2012 lalu oleh Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN, yang kemudian informasinya diperbarui dengan penjangkaran informasi melalui informasi situs internet, dan seminar atau workshop. Kemudian dari data kebutuhan pengguna informasi penginderaan jauh (indera) yang diperoleh dilakukan kajian spesifikasi sensor satelit yang dibutuhkan berdasarkan pengalaman penelitian dan kajian referensi dari berbagai sumber. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah.



Gambar 3. Diagram alir kajian spesifikasi sensor satelit penginderaan jauh

Untuk memudahkan dalam penjangkaran informasi kebutuhan pengguna dibagi berdasarkan tiga kelompok pemanfaatan yakni bidang sumberdaya wilayah darat, bidang sumberdaya wilayah pesisir dan laut, serta bidang lingkungan dan mitigasi bencana. Kemudian dokumen sensor satelit indera yang diperlukan di Indonesia dihasilkan dari analisis spesifikasi sensor satelit yang dilakukan dengan pengelompokan sektor aplikasi dari hasil identifikasi parameternya, serta masukan pengalaman perihal teknologi penginderaan jauh.

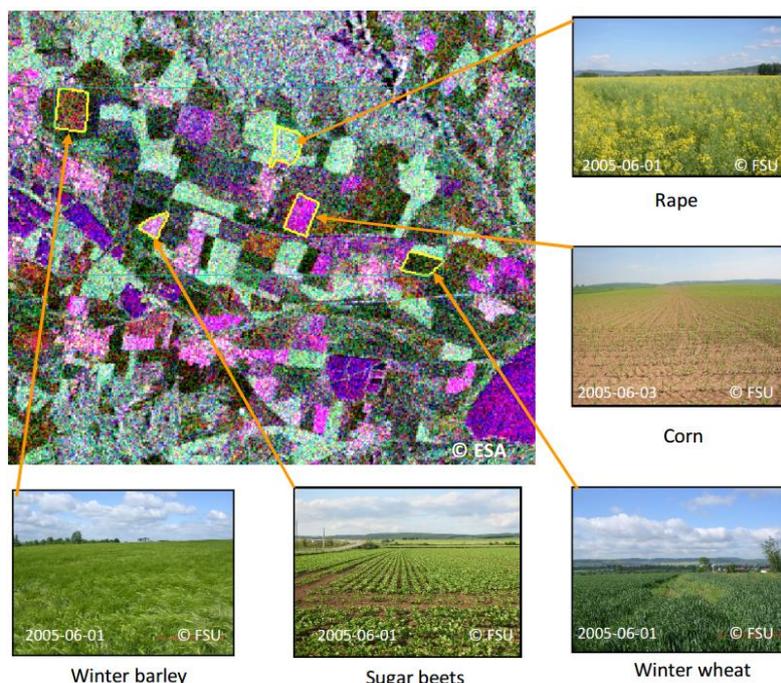
Adapun instansi-instansi yang terlibat dalam penjangkaran informasi kebutuhan pengguna adalah sebagai berikut,

- a. Sumberdaya Wilayah Darat: Kementerian Koordinator Ekonomi, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Kementerian Pertanian, Kementerian Pekerjaan Umum (PU), Kementerian Energi Sumberdaya Mineral (ESDM), Bappenas, Bulog, dan BPS.
- b. Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Laut: Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Dispamal TNI, Dishidros TNI, BNPB, Institut Pertanian Bogor (IPB), beberapa Dinas Perikanan Kabupaten dan Kota di Indonesia.
- c. Bidang Lingkungan dan mitigasi bencana: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Kementerian Pertanian, Kementerian Pekerjaan Umum, Kementerian Energi Sumberdaya Mineral, BNPB, beberapa Pemerintah Daerah Tingkat II di Indonesia.

3. Hasil dan Pembahasan

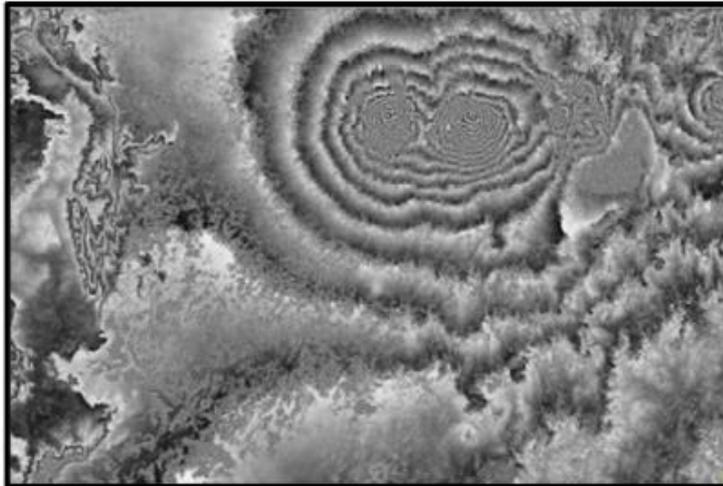
Berdasarkan hasil kajian kebutuhan pengguna melalui perolehan informasi dari FGD, kunjungan ke instansi, *stakeholder meeting* hingga melalui pencarian informasi di situs internet dan seminar-seminar, diperoleh kebutuhan informasi yang kemungkinan bisa didapat dari teknologi penginderaan jauh serta pengguna informasinya sebagaimana pada Tabel 1 dibawah, dimana kebutuhan informasi dikelompokkan berdasarkan bidang pemanfaatannya. Adapun kelompok bidang pemanfaatan yang adalah, kehutanan, pertanian, pengairan, geologi, pemetaan, kelautan dan kebencanaan.

Berdasarkan kebutuhan informasi pengguna yang sudah diperoleh, memang tidak semua dapat disediakan melalui data satelit penginderaan jauh seperti misal unsur kimia untuk identifikasi mutu air dan migrasi ikan. Beberapa kebutuhan informasi hanya bisa disediakan melalui citra satelit penginderaan jauh optik seperti indek kehijauan tanaman dan suhu permukaan.

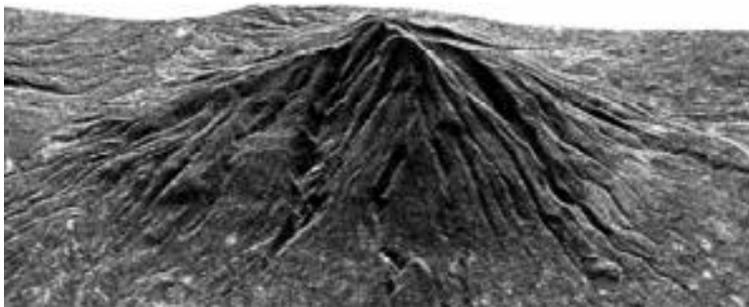


Gambar 4. Potensi Multipolarisasi data SAR untuk identifikasi jenis tanaman (Riedel and Eckardt, 2014).

Kebutuhan informasi yang dapat disediakan melalui penginderaan jauh radar, adalah informasi yang dapat diekstraksi melalui tekstur dan polarisasi citra radar seperti penutup lahan dan identifikasi objek dipermukaan, serta informasi yang diperoleh melalui interferometri radar seperti ketinggian objek dipermukaan atau Digital Elevation Model (DEM). Pada Gambar 4 ditunjukkan contoh data multipolarisasi SAR untuk membedakan beberapa jenis tanaman pertanian, Gambar 5 contoh hasil DEM dari interferometri data radar, sedang pada Gambar 6 ditunjukkan potensi data radar singlepolarisasi untuk identifikasi keberadaan kapal.

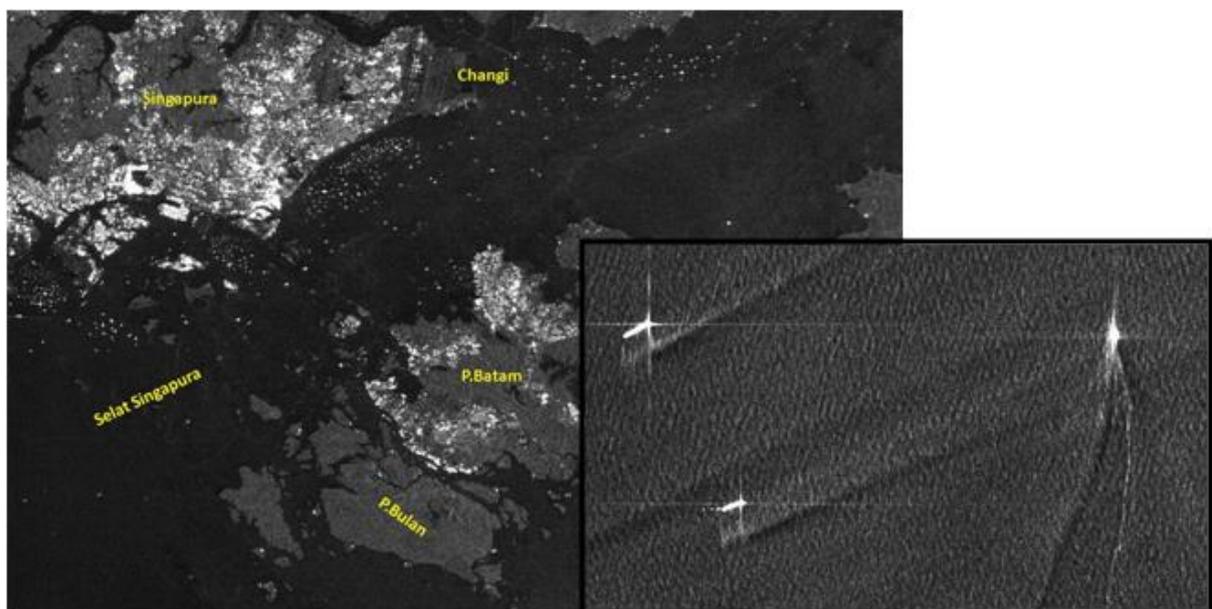


Interferogram PALSAR



3dimensi DEM PALSAR

Gambar 5. Contoh pemanfaatan Data Satelit Radar untuk pembuatan DEM (Katmoko dan Sholeh, 2011)



Gambar 6. Contoh citra Satelit Radar untuk identifikasi kapal.

Dari informasi kebutuhan pengguna, diperoleh informasi kebutuhan awal spesifikasi sensor satelit penginderaan jauh radar yang meliputi : resolusi temporal, resolusi spasial dan polarisasi radar. Adapun hasil analisis tiap-tiap bidang pemanfaatan dengan spesifikasi sensor satelit penginderaan jauh radar adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3-3.

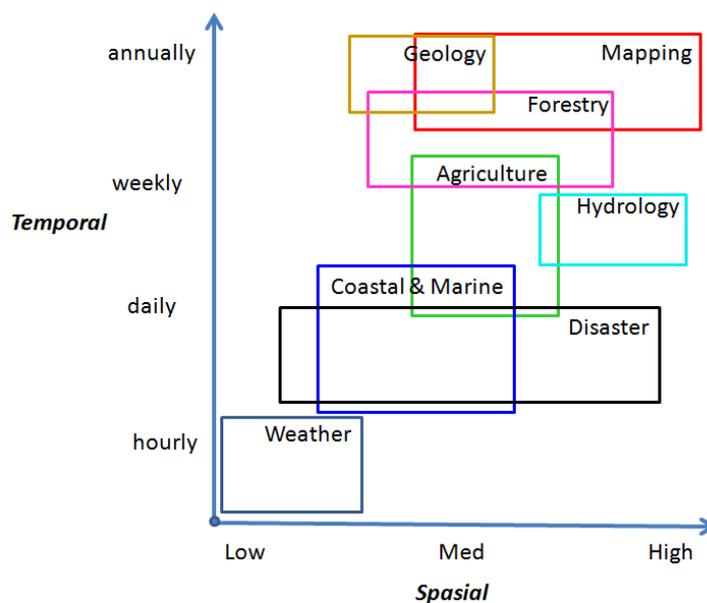
Tabel 1. Hasil survei kebutuhan informasi dan penggunaannya di Indonesia.

No.	Bidang	Kebutuhan Informasi	Pengguna
1	Kehutanan	Pemetaan penutup lahan wilayah hutan	KLHK
		Informasi penutup lahan untuk pemetaan jenis hutan	KLHK
		Informasi penutup lahan untuk pemetaan vegetasi	KLHK
2	Pertanian	Informasi penutup lahan untuk luas Konversi lahan sawah	Kementan
		Informasi penutup lahan untuk monitoring jadwal tanam padi	BBSDLP Kementan
		Informasi penutup lahan untuk infrastruktur pertanian	Balai irigasi, Kemen PU
		Informasi penutup lahan untuk musim tanam, luas panen, Produksi	Kemenko, BPS, Bappenas
		Informasi penutup lahan near real time untuk deteksi masa dan lokasi panen	Bulog
3	Pengairan	Informasi penutup lahan untuk penyelamatan danau prioritas	KLHK
		Informasi penutup lahan untuk pemantauan sumber daya air	Balai Irigasi Kemen PU
		Status mutu air danau, status tropik air danau	Puslitbang Air, Kemen PU
		Potensi sumber daya air permukaan untuk budidaya	KKP
4	Geologi	Informasi lingkungan sumberdaya geologi	ESDM
		Informasi bentuk lahan	ESDM
		Peta Geologi skala menengah-besar	ESDM
5	Pemetaan	Basemap berbasis citra penginderaan jauh	ESDM
		Peta Infrastruktur	Kemen PU
		Peta penutup lahan skala rinci	Kemen PU
		Pemetaan sumberdaya wilayah pesisir dan laut (eksosistem mangrove, ekosistem lamun, ekosistem terumbu karang, sumber daya ikan)	KKP, KLHK
		Tata Ruang wilayah Pesisir dan Laut	KKP
		Pemetaan rupabumi skala rinci	BIG
		6	Kelautan
Kedaulatan dan Tata Batas Wilayah NKRI,	Bappenas, KKP,		

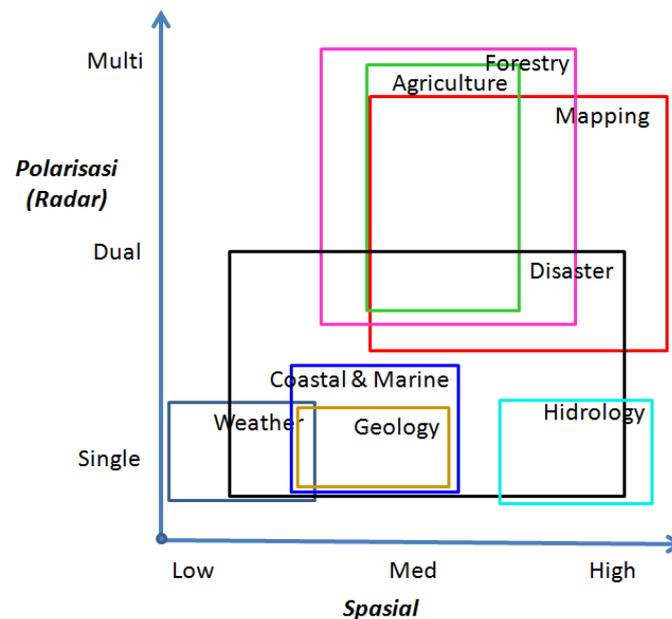
No.	Bidang	Kebutuhan Informasi	Pengguna
		Identifikasi Pulau Kecil Terluar	Dispamal TNI AL
		Pengelolaan pulau-pulau kecil (identifikasi, perencanaan, penamaan pulau dan monitoring)	KKP
		Informasi parameter fisik wilayah Pesisir (perubahan garis pantai, bathymetri, perubahan penutup lahan)	KKP, Dishidros TNI AL
		Informasi sebaran jenis, kelompok, populasi dan biomassa ikan	KKP
		Informasi musim dan lokasi penangkapan ikan (daerah penangkapan ikan, ZPPI)	KKP, Bappenas, Dinas Perikanan, Dispamal TNI
		Informasi daerah asuhan ikan (nursery ground), feeding ground	KKP
		Identifikasi lokasi keberadaan kapal dan penandaan kapal	KKP
		Budidaya Perikanan (Mariculture)	KKP, Bappenas
		Informasi Keragaman Mangrove (Biodiversity, zonasi mangrove)	KKP, KLHK, Asia-Pacific Network Project
		Informasi biomassa dan carbon stock Mangrove	KKP, KLHK, Kemenhut, Space Application for Environment Project
		Informasi kualitas dan kondisi terumbu karang	KKP, KLHK
		Pemanfaatan potensi sumberdaya kelautan (identifikasi wilayah yang tepat untuk pengembangan energi laut, sumberdaya mineral bawah laut, dsb)	Bappenas
		Informasi pangkalan angkatan laut negara tetangga	Dispamal TNI AL
		Informasi dan identifikasi keberadaan rumpon	KKP
7	Kebencanaan	Rehabilitasi kawasan pesisir (identifikasi kawasan pesisir yang rusak, monitoring kerusakan berbasis waktu, perencanaan kegiatan rehabilitasi, dan monitoring kegiatan rehabilitasi)	KKP, KLHK
		Dampak pemanasan global terhadap sumberdaya ikan, migrasi sumberdaya ikan	KKP
		Pengendalian pencemaran (identifikasi dan monitoring kawasan tercemar dan sumber pencemar, perencanaan dan monitoring kegiatan penanggulangan pencemaran laut)	KKP, KLHK
		Mitigasi bencana di wilayah pesisir (permodelan bencana tsunami, perencanaan mitigasi bencana, perencanaan jalur evakuasi, pemetaan dampak bencana)	KKP, KLHK, BNPB
		Adaptasi perubahan iklim (identifikasi kawasan terkena dampak, permodelan kawasan terdampak kenaikan muka air laut,	KKP, KLHK, BNPB

No.	Bidang	Kebutuhan Informasi	Pengguna
		monitoring dampak perubahan iklim, perencanaan kegiatan adaptasi perubahan iklim, monitoring kegiatan adaptasi perubahan iklim)	
		Indeks kepekaan lingkungan (IKL)	PKSPL IPB
		Pemantauan cuaca dan prediksi iklim dari citra satelit (cuaca, iklim)	BNPB, Kementan, KLHK, PU, BNPB, BMKG, akademisi
		Peringatan dini bencana (kebakaran hutan, banjir, kekeringan, penurunan permukaan lahan	BNPB, KLHK, Kementan, Kemen PU, Pemda, LSM
		Respon cepat bencana (gempa bumi, tsunami, banjir, tanah longsor, gunungapi, kebakaran hutan, limbah B3).	BNPB, KLHK, Kemen ESDM, Kementan, Kemen PU, Pemda, LSM

Berdasarkan informasi parameter penginderaan jauh terhadap 8 sektor pemanfaatan, diantaranya diperoleh hubungan antara resolusi temporal dan resolusi spasial pada spesifikasi sensor satelit penginderaan jauh yang dibutuhkan di Indonesia sebagaimana Gambar 7(a). Dimana yang dimaksud resolusi rendah adalah yang memiliki resolusi spasial lebih besar dari 100m atau untuk skala peta lebih kecil dari 1:200.000, sedang resolusi menengah adalah yang memiliki resolusi spasial antara 4m hingga 100m atau untuk skala peta antara 1:8.000 hingga 1:200.000, dan resolusi tinggi adalah yang memiliki resolusi spasial lebih kurang dari 4m atau untuk skala peta lebih besar dari 1:8.000. Sedang hubungan antara resolusi spasial dengan jumlah polarisasi pada sensor radar ditunjukkan pada Gambar 7(b) di bawah.



(a)



(b)

Gambar 7. Kebutuhan spesifikasi sensor satelit tiap bidang pemanfaatan terhadap resolusi spasial dengan resolusi temporal dan polarisasi radar.

Pada Gambar 7 dapat dilihat sebagai misal pada bidang cuaca membutuhkan resolusi temporal yang tinggi hingga skala menit, tetapi resolusi spasialnya rendah, hal ini disebabkan karena objek yang pantau uruannya sangat besar dalam hal ini awan, dimana pergerakan dan pembentukannya sangat dinamis. Satelit pemantau cuaca sensor radar bisa dilakukan seperti satelit Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) menggunakan sensor *passive microwave* yang memiliki lebar cakupan data hingga 1700km, akan tetapi untuk mendapatkan resolusi temporal tinggi untuk wilayah Indonesia satelit perlu mengorbit dekat ekuatorial, walaupun umumnya untuk pemantauan cuaca dilakukan dengan satelit sensor optik orbit geostationer yang untuk wilayah Indonesia idealnya pada orbit 117,5°BT.

Pada bidang kelautan, objek yang dipantau juga dinamis, seperti keberadaan kapal atau tumpahan minyak. Untuk kelautan objeknya bisa luas seperti fisik perairan maupun kecil seperti kapal, maka resolusi spasial yang dibutuhkan agak rendah hingga menengah, tetapi cukup dengan radar singlepolarisasi.

Bidang kebencanaan butuh resolusi temporal yang juga tinggi tetapi resolusi spasial yang dibutuhkan sangat bervariasi dari rendah hingga sangat tinggi, sebagai misal untuk mitigasi bencana longsor yang skalanya local butuh informasi kondisi lahan yang detail tetapi informasinya cepat. Dengan adanya kebutuhan sensor dengan resolusi spasial yang tinggi dibarengi temporal yang juga tinggi untuk mendapatkan informasi lahan dalam mitigasi bencana, dibutuhkan satelit orbit LEO dengan sensor spasial tinggi tetapi karena cakupannya sempit perlu berkostalasi dengan beberapa satelit atau orbit ekuatorial untuk wilayah Indonesia.

Pemetaan penutup lahan dapat 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 dan DEM (*Digital Elevation Model*) sehingga dibutuhkan spesifikasi sensor radar multipolarisasi, dengan resolusi spasial 10-30 meter, temporal bulanan untuk kebutuhan pemantauan. Sedangkan sektor pertanian dan perkebunan terdiri dari informasi jenis tanaman seperti padi, jagung, tebu, sawit, karet dan teh. Parameter yang mendukung pemetaan sawah, palawija dan perkebunan terdiri dari indek kekasaran tanaman dan ketinggian. Sehingga spesifikasi sensornya sama dengan hutan, kecuali tanaman semusim yang membutuhkan resolusi temporal 3 – 10 hari. Pada pemetaan daerah permukiman dan infrastruktur seperti jaringan jalan, dimana parameternya adalah

lahan terbangun dan jalan, berdasarkan pengalaman di LAPAN, ekstraksi informasi ini membutuhkan band multispektral, spasial tinggi berkisar 1 – 10 m untuk pemetaan skala 1:5.000 sampai 1:25.000, dan resolusi temporal informasinya cukup 1 bulan.

Untuk hidrologi yang mempergunakan informasi kondisi danau, waduk dan sungai hingga jaringan kuarter, dimana parameternya adalah tubuh air dan kualitas air, sering dibatasi dengan keberadaan objek di air seperti tanaman air yang terpantau, sehingga membutuhkan resolusi spasial tinggi sampai menengah 1 – 30 m, dan temporal mingguan hingga bulanan.

Sedang pada geologi informasi yang dipergunakan adalah struktur, formasi, topografi, jenis batuan dan lain-lain, dimana parameter yang dapat diturunkan dari data satelit adalah bentuk lahan dan teksturnya. Sehingga yang dibutuhkan cukup single polarisasi dengan resolusi spasial bervariasi dari 1, 10 dan 30 m, sedang resolusi temporal bisa sangat rendah karena dinamika perubahannya juga rendah.

Dari pembahasan diatas diketahui bahwa kebutuhan informasi penginderaan jauh di Indonesia akan tidak dapat dipenuhi dengan sebuah misi satelit. Untuk itu kalau untuk memenuhi seluruh informasi penginderaan jauh perlu dilakukan pembagian beberapa misi satelit sesuai karakteristik sensor yang dibutuhkan. Sebagai missal untuk misi kelautan yang membutuhkan informasi cepat dan cakupan luas, dengan untuk misi daratan yang membutuhkan informasi detail dan temporalnya lebih lambat, atau kalau untuk misi kebencanaan yang membutuhkan informasi detail dan cepat.

4. Penutup

Penelitian ini telah melakukan inventarisasi kebutuhan informasi penginderaan jauh di Indonesia, yang selanjutnya dipergunakan untuk melakukan perumusan awal spesifikasi sensor satelit radar yang diharapkan dapat dipergunakan untuk mendukung pembangunan satelit penginderaan jauh nasional (InaRSSat)

Dari hasil penelitian ini dapat diperoleh informasi awal spesifikasi sensor radar, yakni untuk bidang sumberdaya wilayah darat yang meliputi pertanian, kehutanan, geologi, hidrologi dan pemetaan, membutuhkan resolusi temporal tinggi hingga rendah, resolusi spasial tinggi hingga menengah, dan membutuhkan multipolarisasi radar. Bidang wilayah laut membutuhkan resolusi temporal tinggi, resolusi spasial menengah hingga rendah, dan cukup singlepolarisasi radar. Sedangkan untuk kebencanaan membutuhkan resolusi temporal tinggi, resolusi spasial juga tinggi hingga menengah, dan cukup dualpolarisasi radar.

Disarankan melakukan kajian lebih lanjut untuk tiap misi satelit penginderaan jauh radar agar mendapatkan spesifikasi sensor yang lebih detail, seperti jenis gelombang dan kemiringan sensor dikaitkan dengan jenis objek permukaan yang dipantau.

Daftar Pustaka

- CSTARS Univ. of Miami, 2008, satellite-specifications, <https://www.cstars.miami.edu/cstars-info/satellite-specifications> [accessed on September 2016]
- Riedel T and R. Eckardt, 2014, Module 3220: Biosphere - Agricultural Applications with SAR Data, https://earth.esa.int/documents/10174/1743079/Malta_SAR-EDU_Biosphere-agriculture_final.pdf [accessed on September 2016]
- Fletcher, K., 2007, InSAR Principles: Guidelines for SAR Interferometry Processing and Interpretation, European Space Agency, Noordwijk.
- Engkle, I., 2010, An Indonesian Satellite System for Climate Change Adaptation & Amelioration, *A Presentation in FGD on Indonesian Climate SAR*, Bappenas 9 February 2010.
- Kartasasmita, M., 2001. *Prospek Dan Peluang Industri Penginderaan Jauh di Indonesia*, Lembaga Informasi dan Studi Pembangunan Indonesia, Jakarta, 100p.
- Kompas, 2015. Data Pemantauan Kapal dari Satelit LAPAN A2 Diminati Negara Lain, *Koran Kompas* 24 November 2015, Jakarta.
- Kompas, 2016. LAPAN A3 Sukses Mengorbit, *Koran Kompas* 23 Juni 2016, Jakarta.
- Katmoko, A. and N. Indriasari, 2013, Land Cover Classification of ALOS Palsar Data Using Support Vector Machine, *Int.J.of RS and Earth Sciences*, 10:9-18
- Katmoko, A., M. Sholeh, 2011, Interferometric SAR Phase Unwrapping Data ALOS PALSAR dengan Menggunakan Algoritma Least-Squares Two-Dimensional Phase Unwrapping, *Proc. GeoSARNas`2011, International Seminar Geospatial and Human Dimension in Natural Resource Management*, 12-13 September 2011, Bogor.
- Katmoko, A., 2012, Semi-Automatic Ship Detection Using Pi-SAR-L2 Data Based On Rapid Feature Detection Approach, *Int.J.of RS and Earth Sciences*, 9:112-118

ICOIRS 2016: The 2nd International Conference of Indonesian Society for Remote Sensing
Remote Sensing for a Better Governance

- Kushardono, D., 1996. Model Klasifikasi Penutup Lahan Data Multisensor Radar Optik, *Warta Inderaja, MAPIN*, 8:36-44.
- Kushardono, D., 1997. Metode Klasifikasi Citra Satelit Radar Untuk Mengidentifikasi Penutup Lahan, *Majalah LAPAN*, 83:31-41.
- Kushardono, D., S. Budhiman, B. Trisakti, Suwarsono, A. Maryanto, A. Widipaminto, M. R. Khomarudin, Winanto, 2014. Menentukan Spesifikasi Sensor Satelit Penginderaan Jauh Nasional Berdasarkan Informasi Kebutuhan Pengguna, *Proc. Of the National Remote Sensing Seminar 2014* (in Indonesian).
- Kushardono, D., 2012, Spatial Land Cover Classification Using Dualpolarization SAR Data Based on Normalized Difference Polarization Index and Spatial Features From Co-occurrence Matrix, *J.of RS and Digital Image Processing*, 9:12-24.
- Mahsun, I dan Z. Soejoeti. 1976. *Proyek Pemanfaatan Satelit Tele Deteksi Sumberdaya alam / Proyek Telsa*. LAPAN, Jakarta
- Mihoub Z. and A. Hassini, 2014, Monitoring and identification of marine oil spills using advanced synthetic aperture radar images, *Optica Applicata*, XLIV(3):433-449
- Mulyadi K., (editor). 2009. *Pemanfaatan Data Inderaja untuk Pemantauan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Massma Publishing.
- 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 A.. 1985. LAPAN 1985. *Special Edition of LAPAN Journal*.