

# ANALISIS MISI DAN RANCANGAN LAPAN-IPB SATELLITE (LISAT) UNTUK PEMANTAUAN KEMANDIRIAN PANGAN

## (MISSION ANALYSIS AND DESIGN LAPAN-IPB SATELLITE (LISAT) FOR FOOD SECURITY)

Mahmud Arifin Raimadoya<sup>1)</sup>, Bambang Hendro Trisasongko<sup>2)</sup>, Alinda Zain<sup>3)</sup>,  
Wahyudi Hasbi<sup>4)</sup>, Andi Tahir<sup>4)</sup>

### ABSTRACT

LAPAN-IPB micro satellite (LISAT) is the first EBA (Experimental Based Application) planned to be launched in 2013. The technical schedule implementation includes Phase-1 (2010), Phase-2 (2011), Phase-3 (2012), and Launching/Phase-4 (2013). This research was targeted at the Phase-1 (MAD: Mission Analysis and Design), with priority on space segment and user segment. Goal of this research were three critical elements: (1) initial document of MRD (Mission Requirements Definition) as a reference for next LISAT phase (policy), (2) electronic Basic Ricefield Map (e-BARIM) at the test site in Subang regency, West Java (user segment), and (3) test flight of 3-channel optical sensor (LISAT-EM3) at the test site (space segment). The study was scheduled for *gadu* season rice crop of 2010, and most of the work completed, except for flight test that were experiencing delay for several times. Flight was re-scheduled from early July to September, but eventually conducted in early November. This was due to the complexity of coordination of many agencies involved: LAPAN / Pustekelegan (administration), TNI headquarters (security clearance), Theta System, Germany (line-CCD), IPB (area-CCD) and Deraya Air (charter aircraft).

**Keywords:** Micro satellite, LISAT, space segment, user segment, MAD.

### ABSTRAK

Satelit mikro LAPAN-IPB (LISAT) merupakan EBA (Experimental Based Application) pertama yang direncanakan dapat diluncurkan pada tahun 2013. Jadwal teknis implementasinya mencakup Fase-1 (2010), Fase-2 (2011), Fase-3 (2012), dan peluncuran/Fase-4 (2013). Penelitian ini ditargetkan pada Fase-1 (AMR: Analisis Misi dan Rancangan), dengan prioritas ruas antariksa dan ruas pemakai. Sasaran penelitian ini adalah tiga unsur kritis, yaitu: (1) Dokumen awal DKM (Definisi Kebutuhan Misi) sebagai acuan untuk fase LISAT selanjutnya (kebijakan); (2) Peta Sawah Baku elektronik (e-PESBAK) pada tapak uji di Kabupaten Subang, Jawa Barat (ruas pemakai); dan (3) Uji terbang sensor optik 3-kanal (LISAT-EM3) pada tapak uji (ruas antariksa). Penelitian yang dijadwalkan pada tanaman padi musim gadu 2010, sebagian besar berhasil diselesaikan, terkecuali uji terbang sensor yang mengalami pengunduran beberapa kali. Rencana awal Juli mundur menjadi September, namun baru berhasil dilakukan pada awal November. Ini terkait dengan kerumitan koordinasi karena banyaknya instansi yang terlibat: LAPAN/Pustekelegan (administrasi), Mabes TNI (security clearance), Theta System, Jerman (line-CCD), IPB (area-CCD) dan Deraya Air (carter pesawat).

**Kata kunci:** Satelit mikro, LISAT, segmen ruang angkasa, segmen pemakai, AMR.

### PENDAHULUAN

Indonesia tergolong dalam negara berkategori jumlah penduduk besar seperti Cina, India dan

<sup>1)</sup> Dep. Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

<sup>2)</sup> Dep. Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

<sup>3)</sup> Dep. Arsitektur Lanskap, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

<sup>4)</sup> Pusat Teknologi Elektronika Dirgantara, LAPAN. Rancabungur. Bogor.

Amerika Serikat (AS). Dibandingkan dengan tiga negara yang disebut terakhir, Indonesia belum menerapkan pendekatan *area frame* dalam prosedur estimasi produksi pertanian dengan menggunakan satelit inderaja. Amerika Serikat adalah negara pertama yang menerapkan pendekatan *area frame* dalam analisis statistik untuk pendugaan produksi pertanian pada pertengahan 1950-an, dengan menggunakan foto udara terbang tinggi (*high altitude*). Pendekatan ini kemudian ditingkatkan dengan penggunaan gabungan satelit inderaja dan

foto udara terbang tinggi pada akhir 1970-an. Pada saat ini Departemen Pertanian AS secara operasional telah memanfaatkan prosedur ini dalam cakupan global melalui Foreign Agriculture Service (FAS) untuk intelijen tanaman.

Cina dan India kemudian menyusul AS dalam aplikasi *area frame* setelah kedua negara tersebut dapat menguasai teknologi roket peluncur (*launcher*), dan mulai meluncurkan satelit inderaja mereka secara mandiri pada 1990-an. Keadaan ini menempatkan hanya Indonesia sebagai negara berpenduduk besar yang masih berbasis *list frame* dalam prosedur estimasi produksi pertanian. Dalam metode estimasi produksi secara statistik dikenal dua pendekatan yaitu *list frame* dan *area frame* (Carfagna, 1999). Pada pendekatan *list frame* pendugaan dilakukan berbasis tabel (*list*), sementara *area frame* berbasis spasial. Pendekatan pertama memiliki kelemahan utama terkait kesalahan omisi dan komisi dalam konstruksi tabel populasi, yang berdampak pada hasil akhir terkait faktor keragaman dan bias. Sementara pendekatan kedua kesalahan omisi dan komisi ditekan seminimal mungkin melalui pemetaan secara *wall-to-wall* dengan memanfaatkan pandangan sinoptik pada rekaman citra satelit inderaja. Dengan demikian metode statistika secara ilmiah lebih sah untuk aplikasi *area frame* dibandingkan *list frame*, karena semua individu dalam populasi memiliki peluang yang sama. Pada *list frame* masih terdapat kemungkinan individu memiliki peluang nol karena tidak masuk dalam *list*.

Rintisan penguasaan teknologi satelit di Indonesia oleh LAPAN sejak tahun 2000, telah memasuki Tahapan-III (EBA: *Experimental Based Application*) pada periode 2009-2015. Periode ini dicirikan dengan masuknya komponen baru: ruas pemakai, sebagai tambahan dari dua komponen terdahulu, yaitu: ruas antariksa dan ruas bumi. Satelit mikro LAPAN-IPB (LISAT) merupakan EBA pertama yang awalnya direncanakan untuk dapat diluncurkan pada tahun 2014 tapi dipercepat menjadi 2013. Jadwal teknis implementasinya mencakup Fase-1 (2010), Fase-2 (2011), Fase-3 (2012), dan peluncuran/Fase-4 (2013). Penelitian ini ditargetkan pada Fase-1 (AMR: Analisis Misi dan Rancangan), dengan prioritas ruas antariksa dan ruas pemakai. Sasaran luaran penelitian ini adalah tiga unsur kritis, yaitu: (1) Dokumen DKM (Definisi Kebutuhan Misi) versi awal yang menjadi acuan untuk masuk ke fase LISAT selanjutnya (kebijakan); (2) Peta Sawah Baku elektronik (e-PESBAK) untuk model tapak uji di Kabupaten Subang, Jawa Barat (ruas pemakai); dan (3) Uji terbang sensor optik 3-kanal (LISAT-EM3) yang serupa dengan kanal DMC

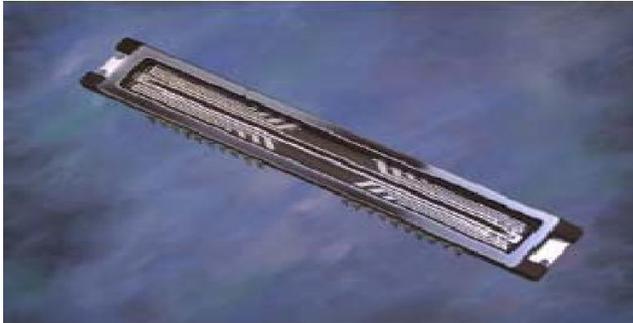
(Landsat 4-3-2) pada tapak uji e-PESBAK (ruas antariksa).

## BAHAN DAN METODE

Kerjasama antara LAPAN dan TU-Berlin dalam rancang bangun, integrasi dan pengujian satelit Indonesia Generasi-1 (LAPAN-TUBSAT, LAPAN-A1) berhasil dengan baik (Hardhienata dan Triharjanto, 2007). Rancang bangun awal Generasi-2 selanjutnya dimulai sejak tahun 2007. Pada tahun 2008 diputuskan untuk membangun dua satelit mikro dengan muatan misi yang berbeda, yaitu LAPAN-A2 dan LAPAN-ORARI (LAPAN-A3). Kedua satelit tersebut dibangun berdasarkan rancang bangun dan teknologi satelit LAPAN-TUBSAT, dengan beberapa peningkatan pada bus dan muatan satelit. Peningkatan pada bus satelit utamanya diarahkan pada (a) komponen satelit yang lebih baru dan maju, (b) *Global Positioning System* (GPS) pada satelit, (c) kendali sikap satelit otomatis dengan *Attitude Determination and Control System* (ADCS), (d) *star sensor* dan ketelitian referensi sikap satelit yang lebih baik. Satelit tersebut akan ditempatkan pada orbit dekat katulistiwa pada ketinggian 650 km dan inklinasi 6° – 8° sebagai muatan tambahan misi satelit Astrosat oleh PSLV ISRO India, yang menurut rencana akan dilakukan pada pertengahan tahun 2011.

Dari segi ruas pemakai, pembangunan satelit LISAT sebagai satelit Indonesia Generasi-3, yang didedikasikan untuk ketahanan pangan, sudah harus dimulai sejak 2010 dengan memanfaatkan kedua satelit diatas sebagai *test-bed* untuk pengembangan sensor dengan skenario sebagai berikut: LISAT-EM3 (2010), LISAT-FM3 (2011), LISAT-EM4 (2012) dan LISAT-FM4 (2013). EM3 adalah *Engineering Model* 3-kanal, FM3 adalah *Flight Model* 3-kanal, EM4 adalah *Engineering Model* 4-kanal, dan FM4 adalah *Flight Model* 4-kanal. Raimadoya dan Fahmi (2008) memberikan uraian rinci tentang metode terkait dengan komponen Tani Cermat dari BIMAS-21 dalam rangka pemantauan ketahanan pangan. Skenario diatas adalah terjemahan kedalam berbagai fase implementasi LISAT, yang bentuk akhirnya adalah jadwal LISAT untuk semua ruas (antariksa, bumi, dan pemakai). Bagian yang menjadi perhatian utama pada penelitian ini adalah LISAT-EM3 sebagai komponen Fase-1 (2010). Ringkasan metodologi yang diimplementasikan mencakup *sensor line-CCD* seperti pada uraian sebagai berikut (Hasbi *et al.*, 2010).

Pada kamera pencitra pelarik multispektral pada sensor EM digunakan sensor CCD baris jenis Kodak KLI 8023 dengan satu baris berjumlah 8.002 detektor photo dioda (Gambar 1).



Gambar 1. Sensor CCD baris Kodak KLI 8023 (8002 detektor/baris).

Ukuran detector

$$d = 9 \mu\text{m}, \text{ dan luasan detector } 9 \times 9 \mu\text{m}.$$

Panjang lensa fokus kamera

$$f = 350 \text{ mm}.$$

Jumlah detektor pada CCD baris adalah

$$p \times l = 8.002 \times 1 \text{ elemen}.$$

Tinggi orbit satelit

$$= 650 \text{ km}.$$

Jumlah band spektral adalah 3-band dengan filter cahaya sebagai berikut:

Band-1: 525 - 605 nm

Band-2: 630 - 690 nm

Band-3: 750 - 900 nm

Susunan ketiga band spektral adalah sesuai dengan satelit-satelit DMC dan satelit Landsat-7 ETM.

Dari perbandingan ukuran elemen detektor dan resolusi bumi dapat dihitung resolusi ruang muka bumi dan cakupan kamera pelarik pencitra multispektral (Gambar 2).

Resolusi ruang bumi adalah

$$R = (d \times h) / f = 9 \times 10^{-6} \times 650 \times 10^3 / 0,35 \text{ m} = 16,7 \text{ m} \dots\dots\dots (1)$$

Panjang CCD baris adalah

$$K = d \times p = 9 \times 10^{-6} \times 8002 = 72,018 \text{ mm} \dots\dots\dots (2)$$

Dengan panjang CCD baris tersebut apabila seluruh pelarikan pada 8.002 elemen detektor dapat digunakan maka diperlukan kamera format lebar. Namun demikian, kamera format lebar tidak dapat dimuat pada satelit mikro LAPAN-TUBSAT dan

sejenisnya. Oleh karena itu diperlukan format kamera menengah. Kamera format menengah jenis Hasselblad yang digunakan memiliki format lebar bidang gambar 55 mm, sehingga tidak seluruh elemen detektor CCD baris dapat aktif dalam perolehan data citra. Jumlah detektor aktif adalah

$$p' = 0,055 / 9 \times 10^{-6} \sim 6100 \text{ elemen} \dots\dots\dots (3)$$

Lebar cakupan penuh kamera di muka bumi

$$W = r \times p' = 16,7 \text{ m} \times 6100 = 101,87 \text{ km} \dots\dots\dots (4)$$

Kecepatan satelit pada ketinggian orbit 650 km atau semi major axis 7028,1414 km adalah 7525 km/dt

Kecepatan satelit pada permukaan bumi adalah 6,829 km/dt

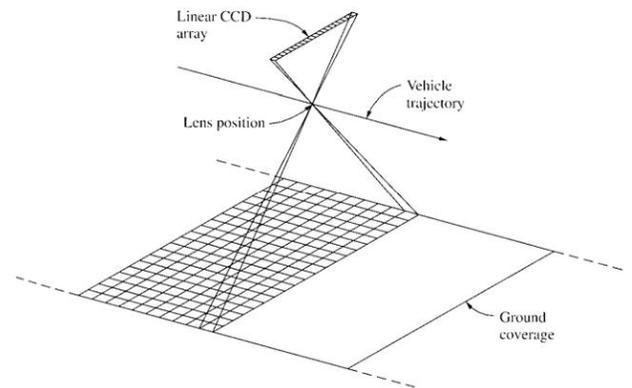
Kecepatan *exposure* CCD baris adalah

$$e = 6,829 \times 10^3 \text{ m/dt} / 16,7 \text{ m} = 408,92 \text{ exp/dt} \dots\dots (5)$$

Resolusi radiometrik yang dipertimbangkan adalah 8-bit atau 256 tingkat keabuan per band spektral (per unit CCD baris).

Kecepatan aliran data untuk 3-band spektral (3 unit CCD baris) adalah

$$\begin{aligned} \text{Data rate} &= p \times 3\text{-band} \times e \times 8 \text{ bit/dt} \\ &= 8,002 \times 3 \times 408,92 \times 8 \text{ bit/dt} \\ &= 78,54 \text{ mbps} \end{aligned}$$



Gambar 2. Pelarikan sapuan (push broom) CCD baris pada satelit (1-band).

Transmisi data dari satelit LAPAN-ORARI ke stasiun bumi menggunakan komunikasi *downlink* pada frekuensi S-band dengan kecepatan aliran data 6 mbps. Untuk melakukan transmisi data pelarik pencitra dengan kecepatan aliran data sebesar 78,54 mbps diperlukan penyimpanan data pada memori data di satelit saat perolehan data untuk di transmisikan ke stasiun bumi pada lintasan satelit berikutnya dengan kecepatan transmisi data yang

lebih rendah sesuai kecepatan aliran data frekuensi S-band.

Untuk mempertahankan pengamatan satelit pada arah nadir selama perolehan data oleh kamera pelarik pencitra diperlukan putaran satelit pada sumbu-Y sebesar  $0,0612^\circ/\text{sec}$ .

*Instantaneous field of view* (IFOV) atau sudut pandang satu elemen detektor adalah

$$\text{IFOV} = \alpha = \text{arc tan } d / f = \text{arc tan } 9 \times 10^{-6} / 0,35 = 0^\circ 0' 5,3'' \dots\dots\dots (6)$$

*Field of view* (FOV) kamera pada pengamatan nadir adalah

$$\text{FOV} = p \times \alpha = 6100 \times 0^\circ 0' 5,3'' = 8^\circ 59' 14,11'' \dots (7)$$

Pada FOV  $8^\circ 59' 14,11''$  dapat diperhitungkan distorsi pada tepi gambar.

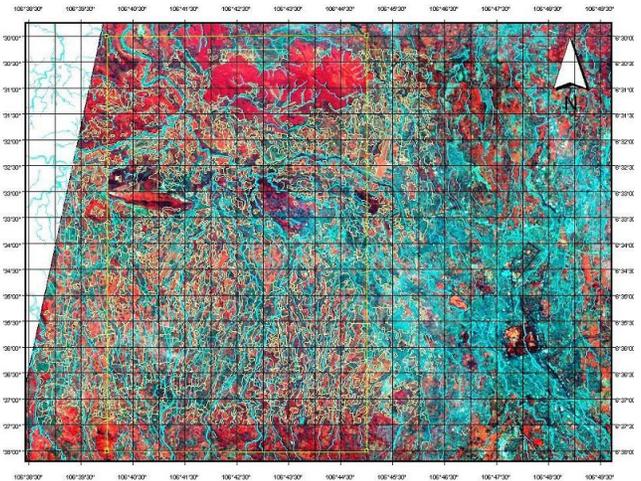
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Tapak uji LISAT-EM3 terbagi dua: (1) Tapak Uji Utama (TUU) yang berlokasi di kawasan Dramaga, Kabupaten Bogor, dan (2) Tapak Uji Pengganti (TUP) yang berlokasi di Balai Besar Padi (BB-Padi), Sukamandi, Kabupaten Subang. Dalam pelaksanaan LISAT-EM3, TUP berfungsi sebagai pengganti, bila penerbangan di TUU terhambat oleh status *Special Use Airspace* (SUA), karena lokasi yang berdekatan dengan lapangan terbang militer Atang Senjaya (ATS). Kedua tapak uji berbentuk kotak, dengan antisipasi jalur terbang Utara – Selatan. Uji Terbang akhirnya dilakukan pada TUU. Detil lokasi TUU disajikan pada Gambar. 3, dengan rincian koordinat (der/men/sek) untuk TUU adalah Kiri Atas (KA): 106 39 45 BT 06 30 00 LS dan Kanan Bawah (KB): 106 44 45 BT 06 38 00 LS. Sementara Gambar 4 memperlihatkan kamera *Engineering Model* CCD-baris yang digunakan dalam uji terbang LISAT-EM3.

**Pelaksanaan Uji Terbang**

Setelah beberapa kali mengalami penundaan, uji terbang akhirnya berhasil dilakukan pada tanggal 1-3 November 2010, dengan menggunakan pesawat Cessna 402-B PK-DCJ milik Deraya Air. Gambar 5a menyajikan awak terbang (pilot, *security officer*, dan *in-flight engineer*) pada saat pelaksanaan uji terbang. Awak terbang merupakan gabungan dari Deraya Air, Mabes TNI, Theta System, LAPAN/Pustekelegan dan IPB (LISAT-AMR). Selanjutnya Gambar 5b menyajikan instrumen kamera dalam keadaan terpasang pada *fuselage* pesawat. Gambar 6a menyajikan jenis pesawat

terbang milik Deraya Air yang digunakan dalam uji terbang, sementara Gambar 6b merupakan rekaman rute terbang pada tapak uji Dramaga-Bogor (TUP) pada sortie-2 tanggal 3 November 2010. Jalur terbang yang panjang (20 menit) memungkinkan CCD-baris dapat difungsikan dengan baik. Data terekam adalah merupakan data multispektral dengan 3-band spektral.



Gambar 3. Tapak Uji Utama (TUU).



Gambar 4. Kamera CCD-baris LISAT-EM3 (kanan) dan komputer pengendali (kiri).

**Definisi Kebutuhan Misi (DKM)**

Sebagai komponen yang paling kritis untuk Fase-1 LISAT (2010), penelitian ini telah berhasil menyelesaikan semua jadwal terkait konsep awal dokumen DKM, yang mencakup sub-komponen: (1) aktifasi *Satellite Management Unit* (SMU), (2) seleksi dan penetapan 3-kanal untuk LISAT-EM3, (3) membangun sistem *server* LISAT, dan (3) penyusunan konsep awal dokumen DKM. Aktifasi SMU dilakukan pada Mei 2010 dengan penempatan unit pada kampus IPB di Baranangsiang, Kota Bogor. Seleksi dan penetapan 3-kanal LISAT-EM3 dikonfirmasi dari tahap usulan sebelumnya, dengan

mengambil padanan kanal satelit mikro DMC yang telah beroperasi saat ini. Konfirmasi ini diperlukan untuk fabrikasi sensor LISAT-EM3 oleh Theta System. Sementara itu *server* LISAT berhasil diwujudkan pada Juli 2010, setelah lokasi SMU ditetapkan. *Server* ini dapat menampung data yang dihasilkan LISAT mulai dari Fase-1. Data LISAT merupakan *crop-intelligence*, sehingga memerlukan penanganan khusus untuk keamanan data. Penyusunan konsep DKM awal dimulai dengan keikutsertaan tim pada PIT-XVII/MAPIN pada 9 Agustus 2010. Konsep ini kemudian dibahas lagi pada Workshop LAPAN 15 November 2010. Workshop LAPAN mengalami penundaan jadwal, karena baru bisa dilaksanakan setelah uji terbang berhasil dilakukan. Salah satu keputusan penting adalah memajukan jadwal peluncuran LISAT dari tahun 2014 ke 2013 dan memaksimalkan berat satelit menjadi 100 kg untuk mengantisipasi ukuran lensa yang lebih panjang. Masalah waktu ini penting secara politis, karena pada tahun 2013 semua hasil kerja Kabinet Indonesia Bersatu-2 harus dikonsolidasikan, termasuk peluncuran LISAT. Secara teknis percepatan jadwal peluncuran ini tidak akan berdampak negatif.



(a)

(b)

Gambar 5. Awak terbang LISAT-EM3 (a), dan instrumen terpasang (b).

### Peta Sawah Baku Elektronik (*e-PESBAK*)

Penyiapan tujuan kedua yaitu pembangunan sawah baku dasar (*e-PESBAK*) meliputi identifikasi peta dasar serta peta tematik. Peta dasar yang digunakan pada penelitian ini adalah Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:25.000 pada sebagian Kabupaten Bogor (lembar Leuwiliang) dan Subang (lembar Patokbeusi dan Ciasem). Peta-peta tersebut selanjutnya didigitasi pada sistem proyeksi UTM (WGS 1984) pada suatu perangkat lunak sistem informasi geografis (SIG). Selanjutnya peta dasar tersebut menjadi acuan untuk koreksi geometris citra penginderaan jauh yang akan digunakan, termasuk untuk LISAT-EM3. Peta tematik yang digunakan antara lain adalah peta administratif (desa/kecamatan) dan peta penggunaan lahan. Hasil

digitasi peta dasar dan pengolahan awal data tematik dipaduserasikan secara geografis, sehingga diperoleh suatu basis data yang baik. Basis data dasar pada wilayah Subang dan Bogor telah berhasil diselesaikan sebelum uji terbang LISAT-EM3.



(b)

(b)

Gambar 6. Cessna-402B/PK-DCJ Deraya Air (a), dan rute terbang 3/11/10 (b).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa:

Tiga komponen kritis untuk Fase-1/LISAT telah berhasil diselesaikan, sehingga Fase-2/LISAT dapat dimulai pada tahun 2011.

Sementara itu konsep awal Dokumen Kebutuhan Misi (DKM) telah disusun, yang akan ditelaah ulang dan direvisi bertahap mengikuti hasil LISAT-FM3 (2011), dan difinalisasi pada triwulan-2 2012. LISAT untuk sementara ditetapkan berorbit SSO, non-pemetaan, berat 100 kg, dan target peluncuran 2013 (dimajukan dari rencana awal 2014).

Pemetaan Sawah Baku (*e-PESBAK*) telah diselesaikan untuk daerah Subang (TUJ) dan Dramaga, Bogor (TUP), untuk mendukung uji terbang LISAT-EM3. TUJ mewakili kawasan sentra produksi padi di Pantura dengan topografi datar, sementara TUP mewakili kawasan non-sentra dengan topografi datar sampai berbukit.

Uji Terbang LISAT-EM3 berhasil dilaksanakan pada tanggal 1-3 November 2010 pada lokasi TUP (Dramaga, Bogor). Pertimbangan pada TUP adalah untuk melihat kinerja LISAT-EM3 pada persawahan dengan topografi bervariasi dari dataran hingga berbukit.

Hasil rekaman uji terbang selanjutnya akan diolah pada Fase-2/LISAT (2011), untuk menguji secara lengkap rantai pengolahan sampai pada tahap

pelabelan kelas perkembangan padi sawah, dengan citra yang sudah ter-geokode.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional, sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Kompetitif Penelitian Kerjasama Antar Lembaga dan Perguruan Tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Carfagna, E. 1999. The Use of Area Frames and Remote Sensing for Agricultural Statistics. Meeting on Food and Agricultural Statistics in Europe. Commission of the European Communities (EUROSTAT), Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD), Food and Agricultural Organisation (FAO), Geneva, 23-25 June 1999.
- Hardhienata, S. dan R.H., Triharjanto. 2007. LAPAN-TUBSAT, First Indonesian Micro Satellite. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN).
- Hasbi, W., M., Mukhayadi, P.A., Budiantoro, A.H., Syafrudin, A.M., Tahir, dan T. M. Kadri. 2010. Penentuan Spesifikasi Optik pada Kamera Pengamatan Bumi di Satelit LAPAN-A2 dan Satelit LAPAN-ORARI. Pustekelegan, LAPAN.
- Raimadaya, M.A. dan N. Fahmi. 2008. BIMAS-21: Bimbingan Masal Abad-XXI. Prosiding Semiloka Nasional: "Strategi Penanganan Krisis Sumberdaya Lahan untuk Mendukung Kedaulatan Pangan dan Energi", Bogor, 22-23 Desember 2008. Institut Pertanian Bogor