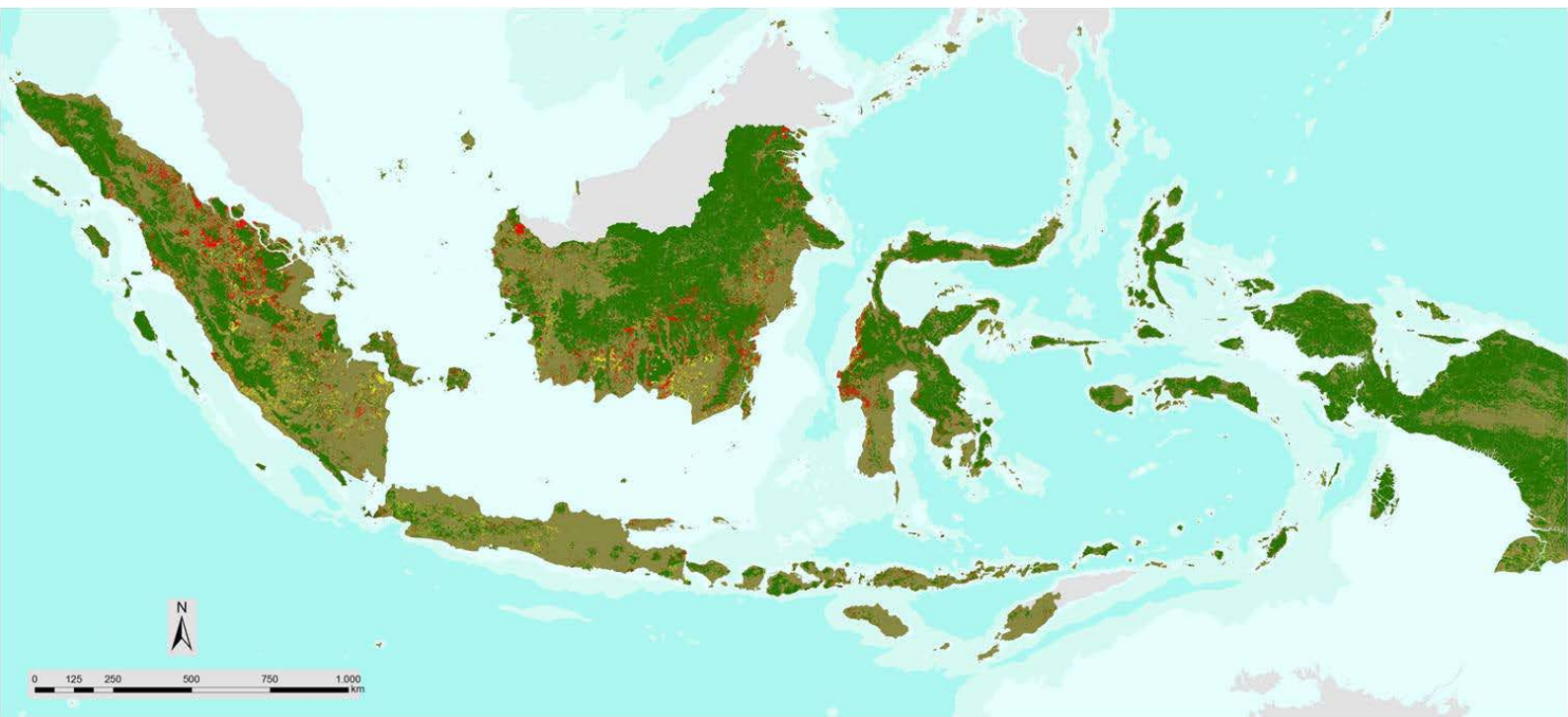


*Ringkasan Eksekutif*

# **Program Penginderaan Jauh INCAS: Metodologi dan Hasil**



**LEMBAGA PENERBANGAN  
DAN ANTARIKSA NASIONAL**  
*Indonesian National Institute  
of Aeronautics and Space*



*Ringkasan Eksekutif*

# **Program Penginderaan Jauh INCAS: Metodologi dan Hasil**



**Juni 2014**

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ringkasan laporan kegiatan ini merupakan hasil kontribusi dari berbagai pihak dan institusi selama beberapa tahun. Program INCAS dibentuk atas kerjasama Pemerintah Indonesia dan Australia, dengan Kementerian Kehutanan sebagai Institusi Pelaksana Utama. Pada tahun 2009, Direktur Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan Dr. Ir. Hermawan Indrabudi, M.Sc. mengundang Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) dalam pertemuan penting membahas peranan Penginderaan Jauh LAPAN dalam program INCAS. Deputi Bidang Penginderaan Jauh LAPAN, Ir. Nur Hidayat, Dipl.Ing, berkomitmen untuk menyediakan bantuan sumber daya manusia dan fasilitas yang diperlukan untuk membangun program penginderaan jauh tersebut. Kami mengucapkan terima kasih atas dukungan yang berkelanjutan dari pimpinan LAPAN, program ini juga mendapat dukungan dan masukan dari beberapa institusi/lembaga yang lain: Unit Kerja Presiden Bidang Pengawasan dan Pengendalian Pembangunan (UKP4), Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS), Kementerian Kehutanan, Badan Informasi Geospasial (BIG) dan para narasumber/ahli yang tersebar di berbagai Provinsi di Indonesia. INCAS dikelola dan didukung oleh Indonesia-Australia Forest Carbon Partnership (IAFCP) sejak tahun 2009, para manajer dan staf IAFCP berperan penting dalam mendukung infrastruktur dan kegiatan program penginderaan jauh. Pihak CSIRO Australia telah menyediakan dukungan teknis dan pelatihan yang berkelanjutan bagi program ini, dan para ahli internasional juga telah memberikan masukan yang sangat berharga. Penulis dan penyunting mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi pada kegiatan untuk kemajuan program ini.

### Laporan ini dapat dirujuk sebagai berikut:

LAPAN (2014). Program Penginderaan Jauh INCAS: Metodologi dan Hasil, Versi 1. *LAPAN-IAFCP*. Jakarta.

### Penulis utama dan penyunting:

Dr. Orbita Roswintiarti dan Ratih Dewanti (LAPAN); Suzanne Furby dan Jeremy Wallace (CSIRO).

### Kontak person:

Arum Tjahjaningsih (arum.tjahyaningsih@lapan.go.id), Kustiyo (kustiyo@lapan.go.id).

### Gambar Sampul:

Peta perubahan tutupan hutan Indonesia yang dihasilkan oleh Program Penginderaan Jauh INCAS.

*Ucapan terimakasih ditujukan kepada pihak manajemen dan tim pemrosesan yang telah berkontribusi langsung pada pemrosesan data, pengembangan metodologi dan hasil.*

#### **1. LAPAN**

Dr. Orbita Roswintarti, Dr. Bambang Trisakti, Ratih Dewanti, Arum Tjahjaningsih, Kustiyo, D. Heri Y. Sulyantara, Tatik Kartika, Ita Carolita, Sri Harini Pramono, I Made Parsa, Dianovita, Mulia Inda Rahayu, Sukentyas Estuti Siwi, Marendra Eko Budiono, Siti Hawariyyah, Inggit Lolita Sari, Sigit Pranotowijoyo, Ediyanta Purba, Hedy Izmaya, Yusron, Novie Indriasari, Danang Surya Candra, Yudhi Prabowo, Alif Nurmareta, Fadilah Rahmawati W., Asma Ramli, Ellina Tria Novitasari, Salira Vidyan, Haryo Surya Ganesha, Yoyok Bambang Irawan, Purbo Alam Prakoso, Nedy Dwiyanandi, Indra Stevanus, Paksy Premandika, Choirin Nisak, Fachrizal Ahmad Sumardjo, Fitri Anggorowati, Hardi Tristiono, M. Ferdhiansyah Noor, Eddy Winarto, Supratikno, Ogi Gumelar, Babag Purbantoro, Heru Noviar, Mukhoriyah, Silvia Anwar, Soko Budoyo, Emiyati, Joko Santo Cahyono, Iskandar Effendy, Gagat Nugroho, Nelly Dyahwathi, Nursanti Gultom, Kuncoro T., Djahroni, Andri Susanto, Rossi Hamzah, Dwi Nurcahyo Ari Putro, Bayu Bajra dan Sarip Hidayat.

#### **2. Kementerian Kehutanan**

Dr. Belinda Arunawati, Rinaldi Immanuddin, Wahyu Catur Adinugroho, Donny Wicaksono, Sudirman Sudradjat, Retnosari Yusnita, Muhammad Yazid, Sutardi dan Virni Budi Arifanti.

#### **3. BIG**

Dr. Sumaryono, Dr. Mulyanto Darmawan, Habib Subagio, Sri Hartini, Prita Brada Bumi dan Jaka Suryanta.

#### **4. Instansi Daerah**

Erizal, Hasvia, Rini Anggraeni, Melisa Elizabeth Pasalbessy, Fatur Fatkhurohman, Dheny Trie Wahyu Sampurno, Era Rante, Irmadi Nahib, Rahmat Zukra, Philipus Maxi, Budi Rario, Yan Hendrie dan C.John G.Andreys.

#### **5. IAFCP**

Dr. Anne Casson, Thomas Harvey, Septa Febrina Heksaputri dan Nofaldi.

#### **6. CSIRO**

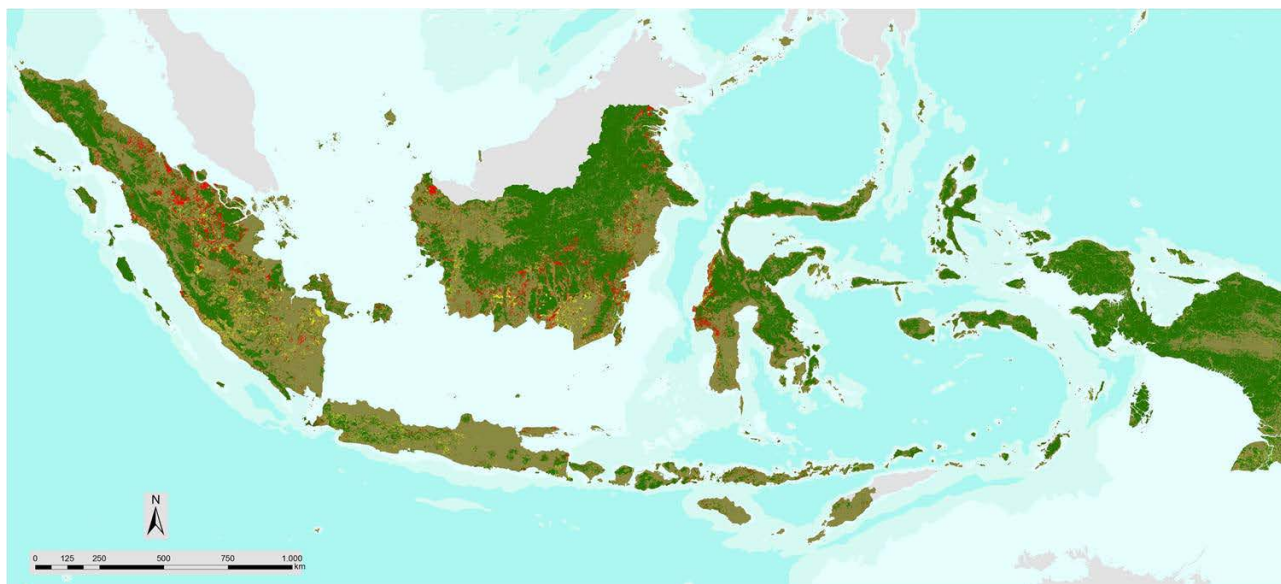
Suzanne Furby, Jeremy Wallace, Tony Traylen, Drew Devereux, Simon Collings dan Nat Raisbeck-Brown.

Publikasi ini diterbitkan atas bantuan pembiayaan dari Indonesia-Australia Forest Carbon Partnership (IAFCP) melalui Program INCAS



## 1. PENDAHULUAN

Program Penginderaan Jauh INCAS merupakan salah satu komponen dari Sistem Penghitungan Karbon Nasional Indonesia (*Indonesia National Carbon Accounting System/INCAS*). Laporan ringkasan hasil kegiatan ini merangkum metode dan hasil serta penjelasan singkat latar belakang dari Program Penginderaan Jauh INCAS.



Gambar 1.1. Peta perubahan tutupan hutan Indonesia tahun 2000-2009 yang dihasilkan dari Program Penginderaan Jauh INCAS. Daerah yang berwarna hijau tua merupakan tutupan hutan dalam periode 2000 hingga 2009, warna merah menunjukkan penyusutan hutan antara tahun 2000 hingga 2009, sedangkan warna kuning menunjukkan penambahan hutan dalam periode yang sama. [Sumber: Poster INCAS, Lokakarya Data Satelit Pengamatan Bumi untuk mendukung Pelaksanaan REDD+ di Indonesia, Februari 2014]

Perencanaan Program INCAS dimulai pada tahun 2008 sebagai salah satu bentuk kerja sama antara Pemerintah Indonesia dan Australia. Tujuannya adalah untuk membangun sistem yang akuntabel, dapat dipertanggungjawabkan dan berkelanjutan guna menghitung emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari sektor kehutanan di seluruh wilayah Indonesia. Program ini dilaksanakan sebagai tindak lanjut terhadap pengendalian kebijakan nasional dan internasional dengan fokus pada tutupan hutan dan perubahannya. Hutan Indonesia memiliki peran penting di dunia dalam hal penyimpanan karbon dan nilai-nilai lainnya. Diperkirakan bahwa sektor kehutanan merupakan penghasil emisi GRK terbesar di Indonesia. Oleh karena itu, perkiraan penghitungan laju deforestasi yang akurat telah menjadi pusat perhatian, baik di tingkat lokal, nasional, maupun internasional.

Berbagai program perkiraan penghitungan tingkat penyusutan hutan, peningkatan pengelolaan hutan, dan penghutanan kembali telah memberikan peluang bagi Indonesia untuk mendapatkan keuntungan dari prakarsa internasional seperti REDD+ (*Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation*). REDD+ dimaksudkan untuk memberikan insentif ekonomi bagi kegiatan-kegiatan, seperti konservasi, pengelolaan berkelanjutan, dan peningkatan cadangan karbon hutan. Pada tahun 2009, Presiden Republik Indonesia Susilo Bambang Yudhoyono berkomitmen untuk mengurangi emisi GRK Indonesia hingga 26% di bawah tingkat emisi pada kondisi *business as usual* pada tahun 2020, dengan pertimbangan untuk menaikkan target ini hingga 41% bila mendapat dukungan internasional yang cukup. Sebagai tindak lanjut dari komitmen ini, Pemerintah Indonesia menandatangani Nota Kesepakatan dengan Pemerintah Norwegia untuk membentuk suatu kemitraan untuk mendukung REDD+. Oleh karena itu, untuk berpartisipasi dalam program tersebut, diperlukan adanya sistem nasional guna memantau dan melaporkan perubahan hutan. Berkaitan dengan hal tersebut, pengendalian kebijakan internasional dan nasional telah mempersyaratkan adanya sistem pelaporan yang akurat, akuntabel dan transparan, yaitu sistem Pengukuran, Pelaporan, dan Verifikasi (*Measurement, Reporting, and Verification/MRV*).

INCAS dimulai pada tahun 2009 di bawah Kemitraan Karbon Hutan Indonesia-Australia (*Indonesia-Australia Forest Carbon Partnership/IAFCP*). Program ini terdiri dari dua komponen teknis utama: komponen penginderaan jauh dan komponen estimasi emisi. Komponen penginderaan jauh INCAS memberikan pemantauan rinci secara spasial atas tutupan hutan dan perubahannya dari waktu ke waktu dengan menggunakan citra satelit penginderaan jauh. Komponen estimasi emisi mencakup pengukuran biomassa, pemetaan perubahan hutan, serta penilaian cadangan karbon dan estimasi emisi untuk menghasilkan penghitungan emisi GRK. Dalam kedua komponen tersebut, pendekatan awal dilakukan dengan menyesuaikan metode, pengetahuan dan pengalaman dari sistem NCAS Australia (Caccetta et. al, 2013) untuk membangun sistem operasional dan peningkatan kapasitas di Indonesia. Kementerian Kehutanan (Kemenhut) bertindak sebagai Koordinator Utama Pemerintah Republik Indonesia untuk Program INCAS secara keseluruhan dan sebagai Institusi Pelaksana utama dalam komponen estimasi emisi. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) sebagai Institusi Pelaksana utama komponen penginderaan jauh INCAS yang bekerja sama dengan UKP4, Bappenas, Kemenhut, BIG, IAFCP, dan pihak lainnya. Untuk mengembangkan Program Penginderaan Jauh INCAS, LAPAN dibantu oleh tenaga ahli internasional. CSIRO Australia telah menyediakan dukungan dan pelatihan teknis. Program ini juga mendapatkan banyak masukan dan interaksi dari Profesor Matthew Hansen dari University of Maryland beserta timnya, yang telah menyelenggarakan lokakarya dan pelatihan serta masukan dari ahli internasional lainnya.

Sistem pemantauan hutan dalam Program Penginderaan Jauh INCAS ini dirancang sebagai tanggapan atas kesepakatan internasional dan kerangka kerja yang telah ada dan yang sedang disusun, termasuk perkembangan dari protokol Kyoto, pedoman IPCC, dan REDD+. Persyaratan desain sistem pemantauan hutan, meliputi (a) cakupan nasional (b) resolusi spasial sub-hektar (c) kapasitas untuk memantau dinamika perubahan selama sepuluh tahun terakhir, untuk melanjutkan pemantauan hingga masa mendatang. Pada program ini, citra Landsat merupakan sumber data utama yang memenuhi persyaratan karena resolusi spesifikasi data dan kontinuitas ketersediaan datanya. Akses dan pengolahan citra Landsat juga menjadi prioritas awal dalam penerapan sistem ini.

Tujuan awal Program Penginderaan Jauh INCAS adalah memetakan tutupan hutan di Indonesia setiap tahun dan perubahannya untuk periode 10 tahun, yaitu dari tahun 2000-2009, sebagai masukan kegiatan penghitungan karbon. Untuk tujuan ini, tutupan hutan didefinisikan sebagai tutupan lahan fisik terlepas dari kepemilikannya; sebagai sekumpulan pohon yang tingginya lebih dari 5 meter dan memiliki tutupan tajuk lebih dari 30%. Perkebunan kelapa dan kelapa sawit, serta semua tutupan lahan lain dianggap bukan hutan. Program Penginderaan Jauh INCAS tidak membuat klasifikasi jenis hutan dari citra satelit; informasi jenis hutan INCAS didapatkan dari Kemenhut selama proses estimasi emisi dan biomassa.

Sejak tahun 2009, data Landsat dikumpulkan, disusun, dan diproses untuk memenuhi tujuan utama ini. Pada saat ini, data dan hasil pengolahan Program Penginderaan Jauh INCAS telah diperpanjang dengan mencakup tahun-tahun terbaru 'pemutakhiran' yang meliputi periode 2000-2012, dan juga komitmen penyelesaian yang sama untuk tahun 2013. Pendekatan pemantauan hutan yang konsisten dan sistematis diterapkan di seluruh Indonesia dalam periode tersebut. Arsip data Landsat, selain dari LAPAN sendiri juga didapatkan dari Thailand, Australia, dan Amerika Serikat. Sejak dimulainya Program Penginderaan Jauh INCAS, LAPAN telah meningkatkan dan memperkuat sistem kapasitas pengarsipan dan penerimaan data untuk seluruh Indonesia sebagai hasil dari hubungan kerjasama dengan lembaga internasional, termasuk lembaga ilmiah Survei Geologi Amerika Serikat (*United States Geological Survey/USGS*). Data yang diterima dan diarsipkan di Indonesia akan digunakan untuk pemutakhiran Program Penginderaan Jauh INCAS di masa mendatang. Citra Landsat 8 telah diterima oleh LAPAN dan berpotensi sebagai sumber data utama di tahun-tahun yang akan datang. Namun, tidak menutup kemungkinan adanya penggunaan sumber data lain untuk melanjutkan dan melengkapi program ini, selain itu metode pengolahan data pada Program Penginderaan Jauh INCAS juga dapat diterapkan atau disesuaikan untuk penggunaan sumber data optik lainnya. Hasil dari program ini, selain memberikan informasi perubahan hutan untuk penghitungan karbon, hasil pengolahan citra dan mosaik dari Program Penginderaan Jauh INCAS juga dapat dimanfaatkan secara luas untuk pengelolaan penggunaan lahan dan perencanaan spasial di berbagai Pemerintah Daerah di Indonesia.



Sejak dimulainya Program Penginderaan Jauh INCAS, telah ada perkembangan yang besar dalam keragaman dan ketersediaan sistem data penginderaan jauh dan kapasitas komputasi. Program Penginderaan Jauh INCAS menggunakan pendekatan 'pengembangan yang kontinu' yang disesuaikan dan dikembangkan berdasarkan sistem yang diinginkan serta terus menjaga keberlanjutan tujuan pemantauan hutan. Di dunia internasional, pentingnya pemantauan hutan telah mendorong upaya-upaya koordinasi dan peningkatan akses ke data satelit pengamatan bumi, antara lain melalui *Global Earth Observation System of Systems (GEOSS)* dan *Global Forest Observations Initiative (GFOI)*. Indonesia menjadi penyumbang utama bagi kegiatan-kegiatan tersebut dan pengalaman Indonesia dalam mengembangkan Program Penginderaan Jauh INCAS merupakan masukan yang sangat penting bagi program tersebut.

Dokumen ini memberikan ringkasan rincian data, metode, dan hasil Program Penginderaan Jauh INCAS. Selain itu prosedur yang digunakan dalam pengendalian kualitas dan sistem pengarsipan juga akan dijelaskan di laporan ini. Penjelasan lebih rinci untuk setiap program beserta informasi panduan untuk level operator akan dimuat dalam dokumen terpisah; dirujuk di sini sebagai Panduan Operasional.



## 2. STATUS DAN RENCANA PENGEMBANGAN PROGRAM PENGINDERAAN JAUH INCAS

Program Penginderaan Jauh INCAS adalah program yang berkelanjutan. IAFCP mendukung pengembangan metodologi serta peningkatan kapabilitas, kapasitas, dan infrastruktur di LAPAN untuk memungkinkan keberlanjutan Program Penginderaan Jauh INCAS sebagai salah satu program berkelanjutan di LAPAN.

Pada pertengahan tahun 2014, telah disepakati untuk menyelesaikan hasil pemetaan tutupan hutan tahunan dan perubahannya dari tahun 2000 hingga 2012. Inisiasi program dan pengolahan data historis ini, yaitu untuk periode tahun 2000-2012 telah membutuhkan upaya yang cukup besar. Namun mulai pertengahan tahun 2014, program ini akan memasuki tahapan 'pemutakhiran tahunan', sehingga upaya yang dibutuhkan lebih sedikit dibanding sebelumnya. LAPAN berkomitmen melanjutkan pengolahan data untuk menghasilkan perbaruan hasil menggunakan data tahun 2013. Dan pada saat ini juga masih berlangsung diskusi mengenai perpanjangan awal waktu pemantauan yang akan dimulai sejak tahun 1990.

Kapasitas teknis dan jumlah data yang berlimpah memungkinkan pemutakhiran program tahunan Penginderaan Jauh INCAS di masa depan. Sedangkan masalah-masalah teknis karena pergantian sumber data baru, seperti citra Landsat 8, sedang dalam proses penelitian dan pengolahan. Dukungan kelembagaan juga amat penting untuk kelanjutan program ini – termasuk adanya mandat yang jelas untuk Program Penginderaan Jauh INCAS. Hal penting lainnya bagi terwujudnya perolehan hasil informasi peta perubahan tutupan lahan yang dapat dipertanggungjawabkan, yakni adanya permintaan yang kuat dari para pemangku kepentingan.

Tingkat kemampuan sumber daya untuk melakukan pemutakhiran tahunan (proses penambahan satu tahun secara berurutan terhadap data series yang telah ada) dapat diperkirakan berdasarkan penilaian pencapaian kemajuan terakhir pada Program Penginderaan Jauh INCAS. Saat ini, ada data tiga tahun terbaru, yaitu tahun 2010-2012 yang sedang ditambahkan untuk seluruh wilayah Indonesia oleh tim yang berpengalaman. Untuk kegiatan tersebut, dibutuhkan waktu penyelesaian selama kira-kira tujuh bulan dengan sekitar 14 staf yang bekerja penuh waktu. Hal tersebut menunjukkan bahwa suatu tim berpengalaman yang beranggotakan enam orang diperkirakan dapat menyelesaikan perbaruan tahunan dalam waktu enam bulan. Namun, pada kenyataannya dibutuhkan tim dengan jumlah yang lebih besar karena adanya kebutuhan untuk menyediakan staf ahli dalam suatu tim di lain pihak juga ada kebutuhan untuk merencanakan pelatihan dan peremajaan anggota.

Selain kegiatan pemutakhiran rutin, Program Penginderaan Jauh INCAS yang terus berjalan juga harus menyertakan berbagai kegiatan peningkatan berkelanjutan dalam suatu komponen penelitian. Riset ini mencakup evaluasi terhadap metode baru, masukan data baru, serta kemungkinan juga untuk mengevaluasi hasil dari berbagai bentuk. Kegiatan ini juga akan mencakup riset yang bertujuan untuk meningkatkan akurasi hasil dan meningkatkan efisiensi dalam pencapaian hasil.

Kegiatan untuk meningkatkan akurasi hasil tersebut meliputi:

- Mengadopsi basis ortorektifikasi yang diturunkan dari citra SPOT 6 yang sedang dikembangkan oleh BIG.
- Menggunakan data citra resolusi tinggi SPOT 6 dan Pleiades (didapatkan melalui kerjasama dengan *Airbus Defence and Space*) untuk menilai dan meningkatkan pemetaan tutupan hutan.
- Mengidentifikasi tutupan awan dalam mosaik citra Landsat pada daerah yang diperkirakan terjadi perubahan hutan yang signifikan dan mencari sumber citra optik alternatif untuk mengisi tutupan tersebut. Citra SPOT 4 dan SPOT 5 kemungkinan besar dapat digunakan terutama untuk pemutakhiran tahunan-tahun terakhir.
- Menggunakan sumber data radar untuk memisahkan jenis tutupan lahan yang lebih sulit dipisahkan dengan data optik

Kegiatan untuk meningkatkan efisiensi penghitungan hasil yang disebutkan di atas mencakup:

- Pemisahan awan secara lebih otomatis, khususnya dengan memanfaatkan jumlah kanal spektral yang ada dan kanal citra baru yang tersedia dalam data Landsat 8.
- Memindahkan perangkat lunak untuk langkah pengolahan yang terotomatisasi ke data server baru dengan kapabilitas I/O dan/atau koneksi jaringan yang lebih cepat

Sejalan dengan proses peningkatan ini, umpan balik dari pengguna dan tim pengolah data perlu dikumpulkan untuk mengidentifikasi masalah yang kemungkinan berdampak pada efisiensi atau kesesuaian hasil. Proses penelitian akan didesain untuk mengembangkan dan menguji metode baru terhadap hasil saat ini untuk menentukan akurasi dan efisiensinya. Jika metode baru, atau sumber data baru, ternyata lebih baik, maka akan diberikan pelatihan dalam proses pengolahan baru bagi tim pengolah dan metodologi operasional akan diperbarui. Siklus pengevaluasian, pengujian, dan peningkatan ini akan terus dilakukan selama program berjalan.

Seiring dengan peningkatan metodologi, diperlukan juga peninjauan terhadap infrastruktur untuk pengolahan data, pengarsipan data, dan distribusi data. Upaya peningkatan teknologi yang cukup besar telah dilaksanakan dalam Program Penginderaan Jauh INCAS melalui pengembangan yang dilakukan oleh Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh LAPAN. Teknologi komputasi *multi-CPU blade server* telah tersedia untuk mendukung langkah-langkah pemrosesan yang membutuhkan komputasi intensif, sedangkan arsip data sedang dalam proses pemindahan ke server baru yang lebih cepat di *Data Centre*.

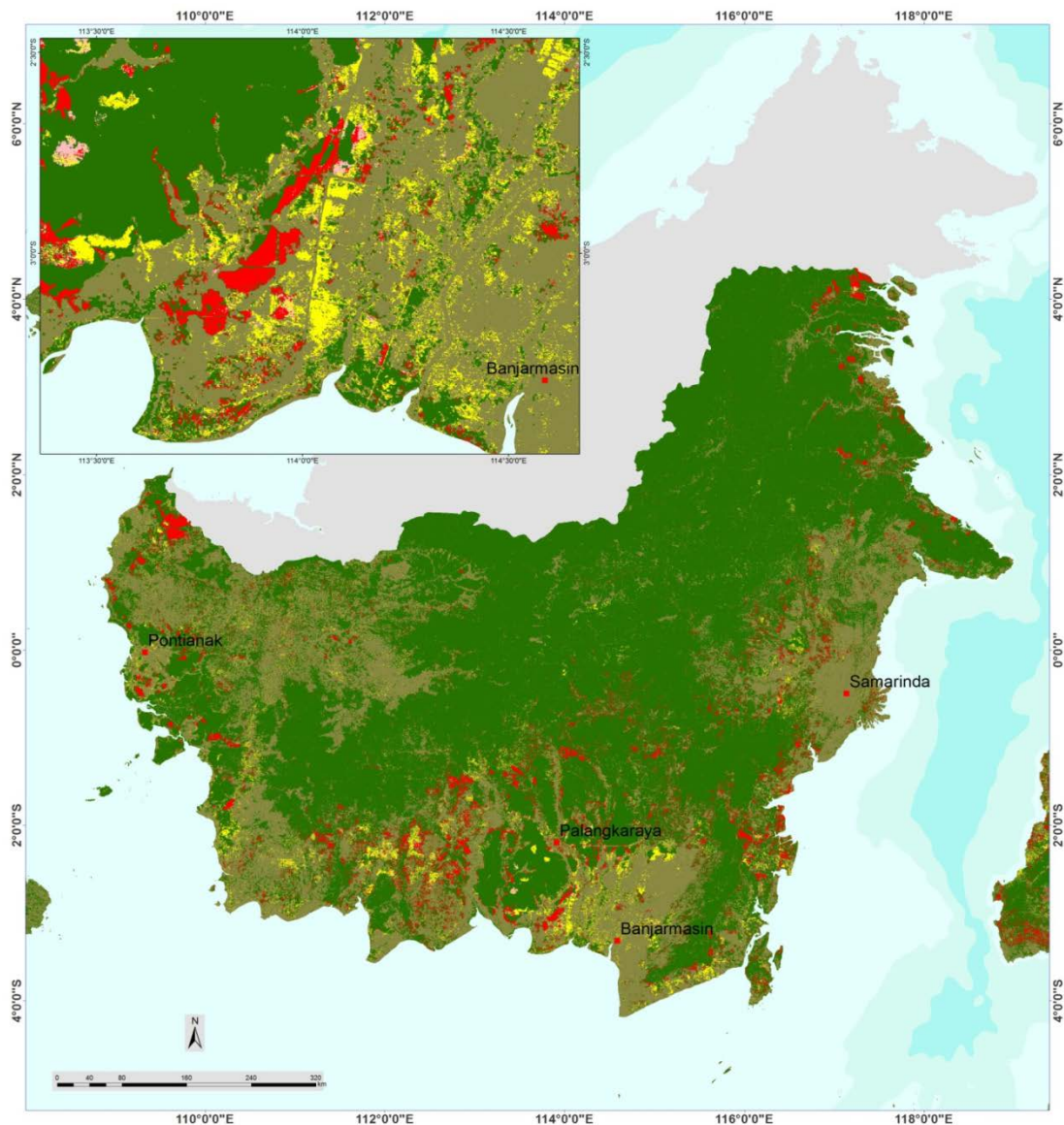
Perhatian yang sama juga diperlukan untuk melatih pengguna data mengenai hasil yang diperoleh pada saat ini – kelebihan serta kekurangannya untuk tujuan-tujuan tertentu serta mendapatkan umpan balik mengenai cara terbaik dalam menyampaikan informasi hasil dan pemanfaatan di bidang lainnya, selain dari penghitungan karbon.

Program Penginderaan Jauh INCAS adalah salah satu dari banyak program yang sedang dikembangkan untuk tujuan pemantauan hutan, baik di dalam negeri maupun di luar negeri. Oleh karena itu, perlu dikembangkan suatu proses penilaian resmi tingkat akurasi dengan membandingkan berbagai hasil pengolahan yang berbeda, namun dengan catatan, kemungkinan adanya perbedaan tujuan dan kebijakan dari hasil-hasil yang disampaikan tersebut. Contohnya, LAPAN sedang mengembangkan metodologi deteksi hutan dengan respon cepat ‘peringatan dini’, menggunakan data resolusi temporal yang lebih tinggi, namun untuk resolusi spasialnya lebih rendah jika dibandingkan dengan data hasil pengolahan pada Program Penginderaan Jauh INCAS. Hal ini dikarenakan persyaratan akurasi yang dibutuhkan juga lebih rendah. Hasil dari pengolahan tersebut adalah informasi potensi pembukaan hutan, sedangkan uji akurasi diserahkan pada dinas/lembaga kehutanan lokal/regional untuk dilakukan verifikasi di lapangan. Dengan demikian, hanya pada wilayah yang telah dikonfirmasi oleh lembaga ini saja yang akan dilakukan tindak lanjut. Pada saat ini, peluang koordinasi dan kerja sama antara kedua proyek ini beserta kegiatan penelitian lainnya sedang dalam proses pertimbangan.

Pada akhirnya, tim LAPAN telah memiliki kapabilitas yang cukup untuk mengembangkan produk terbaru untuk melengkapi peta tutupan hutan dan perubahan tahunan yang ada. Pengembangan tersebut juga harus dilakukan bersama pemangku kepentingan lain, dan juga akan melibatkan data selain data penginderaan jauh.

### 3. SAMPEL HASIL

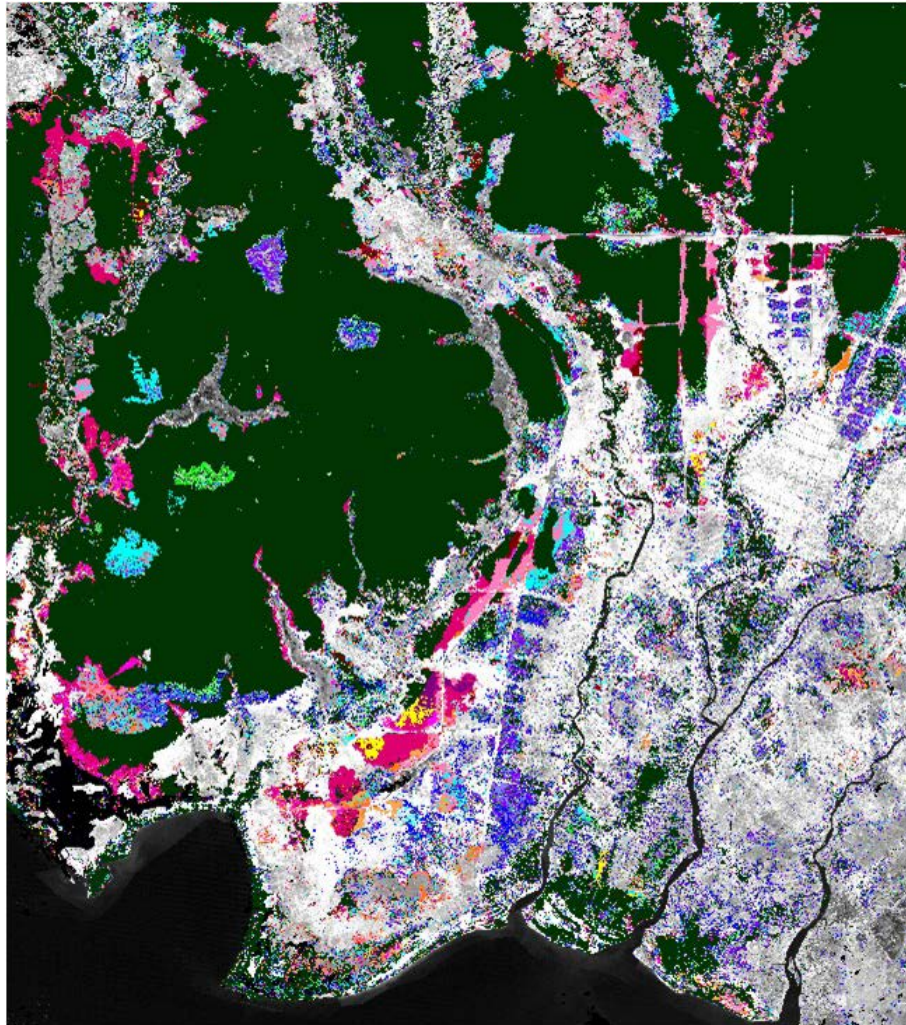
Tujuan utama program Penginderaan Jauh INCAS adalah menghasilkan informasi tutupan dan perubahan hutan tahunan. Gambar 1.1 pada bagian pertama menunjukkan tutupan hutan, penyusutan hutan, serta penambahan hutan dari 2000-2009. Gambar 3.1 menunjukkan hasil 2000-2012 yang lebih rinci untuk Pulau Kalimantan.



Gambar 3.1. Peta tutupan dan perubahan hutan tahun 2000-2012 untuk Pulau Kalimantan yang dihasilkan dari Program Penginderaan Jauh INCAS. Daerah yang berwarna hijau tua merupakan tutupan hutan dari tahun 2000 hingga 2012, warna merah menunjukkan penyusutan hutan antara tahun 2000 hingga 2012, sedangkan warna kuning menunjukkan penambahan hutan periode yang sama.

Informasi perubahan tutupan hutan tersedia secara tahunan, sebagaimana terlihat dalam Gambar 3.2. Ringkasan mengenai statistik luas tutupan hutan dan perubahannya di tingkat provinsi, regional, dan nasional dapat diakses melalui data versi digital.

Perlu diperhatikan bahwa, dalam konteks penghitungan karbon, tidak semua perubahan ini sesuai untuk persyaratan pelaporan. Penentuan unit lahan yang sesuai untuk disertakan dalam penghitungan karbon nasional bergantung pada kebijakan dari lembaga pelaporan nasional.



Gambar 3.2. Peta tutupan dan perubahan hutan tahun 2000-2012 untuk suatu wilayah di Kalimantan Tengah yang dihasilkan dari Program Penginderaan Jauh INCAS. Warna hijau tua menunjukkan tutupan hutan dari tahun 2000 hingga 2012, warna merah, oranye, kuning, dan merah muda menunjukkan penyusutan hutan antara tahun 2000 dan 2012. Masing-masing warna menunjukkan tahun yang berbeda (misalnya 2000-2001, 2001-2002, ..., 2011-2012). Warna hijau, biru, dan ungu menunjukkan reforestasi periode yang sama.

Sebagian dataset yang dikumpulkan selama pemrosesan dalam Program Penginderaan Jauh INCAS dapat digunakan juga untuk berbagai pemanfaatan lainnya. Telah tersedia citra individu yang telah dikoreksi secara geometris dan radiometris beserta pemisahan awannya. Mosaik citra untuk skala nasional dan regional juga telah tersedia dari program ini, seperti contoh yang ditunjukkan dalam Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Mosaik Landsat 2007 untuk Nusa Tenggara dengan kanal 3, 4, 5 pada BGR. Wilayah yang ditunjukkan berukuran sekitar 1500km x 500km. Warna hitam dalam wilayah kepulauan merupakan wilayah dengan data yang kosong karena tertutup awan pada tahun 2007.



