

# Aspek Ekonomi Penginderaan Jauh Berbasis Satelit di Indonesia

Triharjanto, R.H.<sup>1</sup> dan Widipaminto, A.<sup>2</sup>

## Abstrak

*Makalah ini akan membahas tentang aspek ekonomi penginderaan jauh berbasis satelit di Indonesia. Pembahasan dimulai dengan moda teknis dari operasi penginderaan jauh berbasis satelit. Pembahasan mencakup investasi yang diperlukan untuk mendapatkan citra satelit penginderaan jauh, moda penjualan produk penginderaan jauh berbasis satelit, termasuk harganya dipasaran. Dibahas pula mengenai strategi dari negara-negara di berkembang dalam mendapatkan citra satelit penginderaan jauh. Makalah ini dibuat tidak untuk publikasi ilmiah namun sebagai masukan bagi pembuatan roadmap satelit Indonesia di Direktorat Jendral Pos dan Telekomunikasi sebagai salah satu aplikasi satelit untuk non-telekomunikasi publik.*

## I. Pendahuluan

Secara definisi Penginderaan Jauh berbasis Satelit adalah metoda untuk mendapat informasi mengenai permukaan bumi dengan menggunakan sensor yang terpasang di satelit, dimana sensor tersebut mengukur dan mencatat energi (gelombang elektromagnetik) yang dipantulkan atau diradiasikan oleh permukaan bumi.

Jenis sensor yang digunakan akan sangat bergantung dengan karakter dari gelombang elektromagnetik yang akan dideteksi. Untuk mendeteksi elemen air, misalnya, digunakan detector gelombang infra merah, karena elemen air mempunyai karakter suhu yang berbeda dengan elemen lainnya yang dapat di klasifikasikan dengan gelombang elektromagnetik pada frekwensi tersebut. Untuk mendeteksi kondisi tanah/daratan, digunakan gelombang elektromagnetik pada frekwensi cahaya tampak (merah, biru, dan hijau) karena pada spectrum ini akan dapat diklasifikasi kondisi lahan (kering, basah, batuan) dan vegetasi (jenis, usia, dan kesehatan tanaman).

Selain sensor yang dapat menghasilkan presentasi pengukuran berupa citra, satelit penginderaan jauh biasanya mempunyai sistem telemetry dan telecommand yang menggunakan frekwensi S-band dan sistem pengiriman data (citra) yang menggunakan frekwensi X-band (lihat gambar 1).

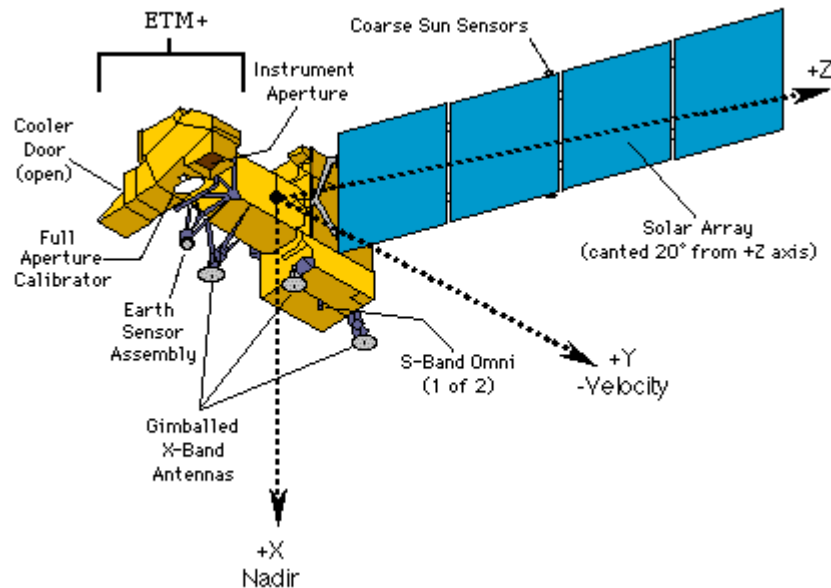
Pada sistem yang menggunakan spectrum cahaya tampak, hasil deteksi amat tergantung pada kondisi iluminasi atas permukaan bumi (dari cahaya matahari). Energy elektromagnetis dari matahari yang dipantulkan permukaan bumi dibaca oleh sensor pada satelit untuk kemudian dikirim ke stasiun bumi. Di stasiun bumi penerima data tersebut untuk diproses menjadi informasi penginderaan jauh yang dapat digunakan untuk merencanakan tataruang, pengkajian kerusakan lahan, prediksi masa panen dlsb (lihat gambar 2). Karena ketergantungan pada iluminasi matahari ini, orbit yang dipilih bagi satelit tersebut adalah sun-synchronous orbit, yakni orbit rendah (dibawah 1000 km) berorientasi hampir polar, yang pergeseran ground-tracknya membuatnya dapat melihat bumi dengan iluminasi yang sama sepanjang tahun (lihat gambar 3). Karena lintasan satelit yang bergerak Utara-Selatan, sementara putaran bumi bergerak Barat-Timur, orbit ini membuat sensor satelit dapat penyapu seluruh permukaan bumi. Hal ini membuat sebuah satelit penginderaan jauh mempunyai potensi untuk mendapatkan klien dari seluruh dunia. Yang umumnya menjadi keterbatasan satelit inderaja adalah kapasitas penyimpan data di satelit yang terbatas dibandingkan dengan data hasil bacaan sensor. Sehingga diperlukan stasiun-stasiun bumi

---

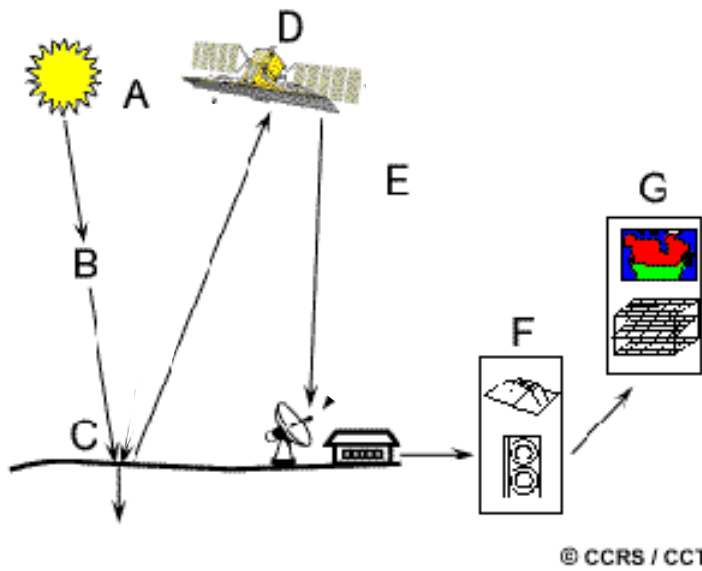
<sup>1</sup> Peneliti di Kedeputan Teknologi Dirgantara, LAPAN

<sup>2</sup> Peneliti di Kedeputan Penginderaan Jauh, LAPAN

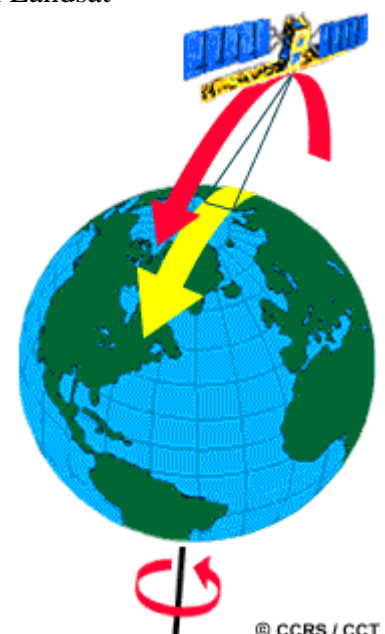
penerima di tempat-tempat yang secara berkelanjutan akan diambil citranya. Sehingga data yang diambil dapat langsung diturunkan sehingga tidak membebani penyimpanan data di satelit.



Gambar 1. Satelit penginderaan jauh Landsat



© CCRS / CCT



© CCRS / CCT

Gambar 2. Moda operasi penginderaan jauh berbasis satelit

Gambar 3. Orbit sun synchronous

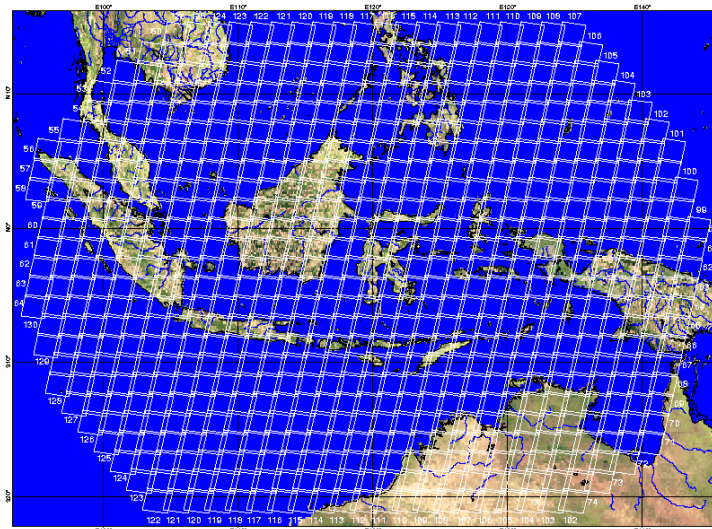
## II. Infrastruktur Penginderaan Jauh

Berdasarkan moda teknis diatas, infrastruktur sistem satelit penginderaan jauh terdiri dari satelit dengan sensor yang sesuai, stasiun pengendali satelit, dan stasiun penerima data. Karena bentuk orbitnya, stasiun pengendali akan ideal jika ditempatkan pada garis lintang yang tinggi, dimana satelit akan lebih sering terlihat.

Karena orbitnya yang rendah, kebanyakan satelit penginderaan jauh akan mempunyai perioda orbit 90 menit, dimana 1 stasiun bumi penerima umumnya akan dapat melihat satelit

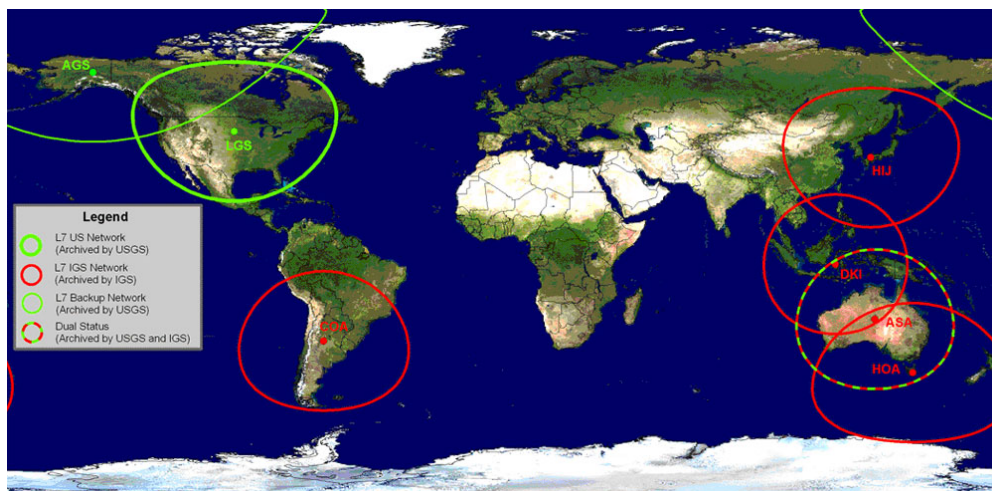
selama 10-15 menit. Dikarenakan pergeseran *ground track* nya karena rotasi bumi, waktu yang diperlukan oleh satelit untuk dapat melintasi *ground track* yang sama (re-visit) rata-rata 16-20 hari. Waktu inilah yang menjadi perioda bagi satelit untuk bisa membuat citra dari daerah yang sama.

Pada kasus Indonesia, infrastruktur satelit disewa dari negara lain (seri Landsat dari Amerika Serikat dan seri SPOT dari Perancis). Infrastruktur stasiun pengendali dimiliki oleh pemilik satelit, sehingga infrastruktur yang diperlukan penyewa hanyalah stasiun penerima data. LAPAN mempunyai stasiun penerima data satelit remote sensing yang posisinya mendekati titik tengah wilayah Indonesia (Parepare). Sehingga untuk operasi akusisi langsung (yang mengambil gambar dan langsung dimancarkan ke stasiun bumi), dimungkinkan meliputi seluruh Indonesia. Untuk satelit Landsat, path-row (kerangka citra dengan ukuran 150x150 km) di Indonesia, sesuai lintasan orbit satelit, adalah sebagai berikut :



Gambar 4. Path-row Landsat di Indonesia

Stasiun bumi LAPAN Parepare adalah bagian dari stasiun bumi internasional (IGS) mengoperasikan akusisi data Landsat tergabung dalam forum stasiun bumi Landsat lain, coverage stasiun bumi parepare terlihat seperti pada gambar 5.



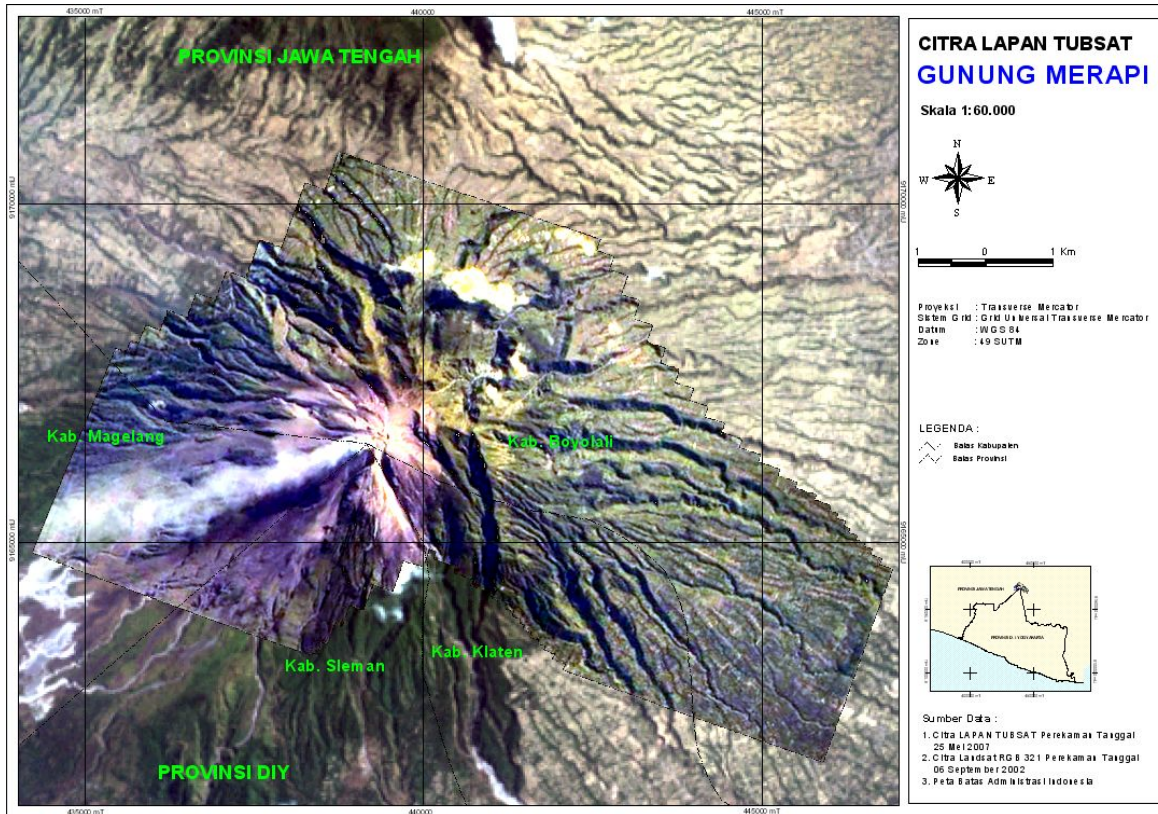
Gambar 5. Stasiun penerima citra satelit Landsat



Gambar 6. Infrastruktur Penginderaan Jauh LAPAN

Gambar 6 menunjukkan infrastruktur penginderaan jauh milik LAPAN. Selain dari stasiun penerima data satelit penginderaan jauh milik asing, LAPAN juga memiliki satelit experimental LAPAN-TUBSAT. LAPAN-TUBSAT adalah sebuah satelit mikro (berat 57 kg) yang dikembangkan LAPAN bekerja sama dengan Universitas Teknik Berlin (TU Berlin). Tujuan dari misi ini adalah untuk penguasaan teknologi satelit pemantau bumi. Untuk itu, LAPAN-TUBSAT membawa sebuah kamera video beresolusi tinggi dengan daya pisah 5 m dan lebar sapuan 3,5 kilometer di permukaan Bumi pada ketinggian orbit 630 km serta sebuah kamera video resolusi rendah berdaya pisah 200 m dan lebar sapuan 81 km.

LAPAN-TUBSAT mulai dinyatakan beroperasi penuh satu bulan setelah peluncurannya pada bulan Januari 2007. Hingga kini satelit tersebut telah menghasilkan citra dari berbagai lokasi di Indonesia bagian barat (cakupan stasiun bumi Rumpin). Pengolahan hasil citra satelit ini (lihat gambar 7) juga telah dilakukan, yang menunjukkan bahwa satelit ini berpotensi untuk menjadi platform untuk penginderaan jauh.



Gambar 7. Citra LAPAN-TUBSAT yang dipadukan dengan citra Landsat

### III. Pasar Produk Penginderaan Jauh Indonesia

Produk Penginderaan Jauh dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu Data dan Informasi. Data merupakan produk remote sensing hasil akuisisi stasiun bumi. Setelah diolah, data tersebut diklasifikasikan menjadi beberapa level (yang akan berbeda untuk masing-masing jenis satelit). Untuk Landsat, level 0 adalah untuk data mentah (raw data) dan level 1G sistematis adalah data mentah yang sudah dikoreksi secara radiometrik (parameter elektromagnetis sensor) dan geometrik (berdasarkan parameter panoramik sensor dan penampakan bumi). Sedangkan Informasi Penginderaan Jauh adalah hasil pengolahan data penginderaan jauh sesuai dengan kebutuhan pengguna atau tematik, sehingga hasilnya sudah terkandung informasi tematik sesuai dengan kebutuhan, seperti luas hutan tanaman tertentu, luas daerah yang akan panen dalam 1 bulan dsb.

Berdasarkan cakupan, resolusi, dan tipe satelitnya dapat dikategorikan jenis data sebagai berikut :

- Data Resolusi Rendah (resolusi > 1000 m), misalnya data dari satelit NOAA dan MODIS
- Data Resolusi Menengah (Resolusi 10-30 m), misalnya data dari satelit Landsat dan SPOT-4
- Data Resolusi Tinggi (Resolusi < 10 m), misalnya data dari Ikonos, satelit SPOT-5 dan ALOS

Pada saat ini data Landsat masih menjadi primadona berdasarkan jumlah pengguna data di Indonesia. Hanya saja, mulai tahun ini Landsat sudah tidak diakuisisi langsung oleh LAPAN dan posisinya digantikan oleh SPOT-4. Kajian terhadap trend pengguna data yang dilakukan LAPAN menunjukkan bahwa dimasa depan jenis data satelit yang akan berkembang jumlah penggunaannya adalah untuk citra resolusi tinggi. Hal ini sesuai untuk aplikasi pengamatan

detail, yang sesuai dengan perkembangan di daerah yang secara otonom akan merencanakan pembangunan daerahnya masing-masing.

Secara umum pasar produk penginderaan jauh di Indonesia dipengaruhi oleh 2 hal, yakni Perkembangan Teknologi dan Perkembangan Kebijakan. Perkembangan Teknologi yakni tersedianya data dan algoritma untuk mendapatkan informasi yang sesuai dengan kebutuhan user, dan adanya jenis data baru yang dapat lebih memenuhi kebutuhan. Sementara Perkembangan Kebijakan berarti UU tata ruang dan UU Otonomi daerah, dan PP mengenai tarif yang mendorong masing-masing daerah untuk memanfaatkan data remote sensing untuk memenuhi kebijakan tersebut.

Pengguna data penginderaan jauh Indonesia (dari LAPAN) saat ini yang paling dominan adalah instansi pemerintah (51% pada tahun 2005 dan 77% tahun 2006; Ref. 1). Pada banyak kasus pihak swasta yang membeli data penginderaan jauh menggunakannya untuk mendukung implementasi proyek-proyek dari instansi pemerintah.

## VI. Kepemilikan Satelit Penginderaan Jauh

Kendala dari tidak dimilikinya satelit sendiri dalam program penginderaan jauh adalah tidak dimilikinya kendali penuh atas ketersediaan citra satelit yang diinginkan pada jadwal tertentu. Hal ini dikarenakan urutan prioritas dari pihak-pihak yang menginginkan citra, sementara satelit mempunyai keterbatasan *coverage* serta waktu *re-visit* nya.

Dua negara Asia Tenggara yang akan menjadi pemilik satelit penginderaan jauh beresolusi tinggi adalah Thailand (THEOS) dan Malaysia (Razaksat), yang keduanya akan beroperasi tahun 2008 nanti. Sebagai pemilik satelit penginderaan jauh, kedua negara ini akan mempunyai *self-sufficiently* untuk citra satelit, dan bahkan tanpa persetujuan siapapun dapat mengambil gambar atas wilayah negara lain.

Bagi Indonesia yang berpenduduk besar dan wilayahnya luas, kepemilikan satelit penginderaan jauh sendiri dapat dipandang sebagai pilihan yang strategis-ekonomis. Untuk itu diperlukan sinergi dari seluruh pengguna data remote sensing, dan juga perlu ditingkatkan moda penggunaannya.

Diperkirakan sebuah satelit penginderaan jauh kelas menengah (sekelas THEOS : panchromatic dengan resolusi 1 m dan 4 band multispectral dengan resolusi 5-7 m) akan bernilai \$90-100 juta. Biaya peluncuran untuk berat 1 ton ke SSO adalah \$20 juta (kelas PSLV). Sementara operasi ground station adalah \$1 juta/tahun. Sehingga biaya misi selama 5 tahun (umur rata-rata satelit penginderaan jauh) adalah \$115-125 juta.

Harga dari citra beresolusi 1 m dari satelit adalah USD 65/km<sup>2</sup>(Ref. 5). Namun saat ini citra satelit dengan resolusi tinggi hanya digunakan secara sporadis untuk membuat dasar masterplan pembangunan daerah, dimana standar masterplan berumur 5 tahun. Jika satelit penginderaan jauh, misalnya, digunakan dalam pembuatan pelaporan kemajuan pembangunan di 440 kabupaten di Indonesia, yang rata-rata luasnya 100 km<sup>2</sup>, maka, untuk pembuatan 1 laporan pertahun (per tahun anggaran) akan dihabiskan dana USD 14 juta untuk pembelian data mentah selama 5 tahun. Saat ini moda pelaporan kemajuan pembangunan daerah belumlah menggunakan GIS (geographical information system) yang membutuhkan citra satelit beresolusi tinggi. Sehingga inspeksi atas kemajuan pembangunan daerah harus dilakukan secara manual, yang menghabiskan biaya besar. Berdasarkan informasi lisan yang didapat penulis, Departemen Dalam Negeri pernah menggagas penggunaan sistem GIS tersebut, namun rencana terkendala dengan ketersediaan citra yang *up-to-date* secara berkelanjutan.

Citra resolusi tinggi yang digunakan diatas juga dapat digunakan oleh TNI-POLRI, yang menurut statistik merupakan sepertiga dari pengguna data penginderaan jauh Indonesia dari sektor pemerintah.

Selain dari citra resolusi tinggi yang merupakan rencana masa depan, citra resolusi menengah dengan multispektral masih akan tetap menjadi andalan bagi Departemen Kehutanan dan Departemen Pertanian. Data dari Kedeputian Penginderaan Jauh LAPAN menyatakan bahwa biaya sewa satelit saat ini sekitar USD1 juta/tahun (Rp. 2,5 M/tahun untuk Landsat dan Rp. 4 M/tahun untuk SPOT-4).

Namun demikian, sebagai institusi negara, LAPAN mengoperasikan stasiun bumi hingga distribusi data dengan tidak berorientasi keuntungan. Sehingga harga yang dikenakan untuk pelayanan data tersebut terkadang dibawah harga riil. Bahkan, khususnya untuk mendukung angkatan bersenjata atau bencana alam, biasanya tanpa dikenakan biaya.

Berdasarkan fakta tersebut, kuantifikasi kemungkinan pendapatan dari penjualan data mentah satelit untuk di dalam negeri (asumsi pengguna pemerintah adalah 70% dari total) hanyalah USD 25 juta dalam 5 tahun. Jika satelit penginderaan jauh tersebut milik Indonesia maka akan dapat disewakannya negara lain. Dengan asumsi penyerapan dari pasar luar negeri dapat menghasilkan 30% dari jumlah serapan pasar dalam negripun biaya pembelian dan pengoperasian satelit milik sendiri masih belum tercukupi.

Sehingga konteks kepemilikan tersebut perlu dipandang secara lebih luas, yakni secara strategis kemampuan kontrol negara atas data inderaja (yang punya cakupan global) dan efek *trickle-down* tumbuhnya industri produk turunan penginderaan jauh (informasi tematis, GIS, dlsb) maka biaya kepemilikan satelit tersebut dapat dijustifikasi. Hal ini sesuai pula dengan Tugas Pokok dan Fungsi LAPAN untuk menunjang industri berbasis keantariksaan di Indonesia

## VII. Kepemilikan Satelit Multilateral

Dari pertimbangan nilai investasi yang cukup tinggi, kepemilikan satelit secara multilateral merupakan pilihan alternatif yang lebih ekonomis. Hal ini telah dilakukan oleh Cina dan Brasil dengan bersama-sama mengembangkan dan mengoperasikan seri CBERS. Satelit seri ini memiliki kemampuan resolusi citra 20 m dan 5 band *visible* ditambah kanal infra-merah untuk aplikasi kelautan (suhu laut, pergerakan ikan). Seri pertama dari satelit ini diluncurkan tahun 1999, yang kedua tahun 2003, dan yang ketiga tahun 2007. Satelit yang keempat dan lima telah mulai digagas untuk diluncurkan dalam 10 tahun mendatang.

Konsep kepemilikan satelit penginderaan jauh multilateral yang menurunkan biaya investasi juga berkembang ke arah konstelasi satelit penginderaan jauh. Karena setiap satelit penginderaan jauh akan punya keterbatasan coverage dan waktu *re-visit*, secara teknis akan lebih baik jika memiliki lebih dari 1 buah satelit yang diorbitkan secara konstelasi. Konstelasi adalah sinkronisasi kerja antara beberapa satelit yang dilakukan dengan cara mengatur penempatan orbitnya. Konstelasi ini dilakukan pada satelit dengan orbit rendah dengan tujuan untuk menambah waktu pandang (*visibility time*) dari satelit. Dengan memiliki 2 buah satelit penginderaan jauh di SSO dengan berbeda fasa 180° misalnya, waktu *re-visit* nya akan menjadi 1/2nya. Hal ini membuat kemampuan *update* data meningkat, yang pada aplikasi yang *time critical*, seperti untuk manajemen saat terjadi bencana alam (*disaster management*), akan sangat berarti.

Konstelasi satelit penginderaan jauh yang telah beroperasi adalah DMC (*disaster monitoring constellation*) yang digagas oleh Surrey Satellite Technology (Inggris). Konstelasi 5 buah satelit ini dimiliki oleh 5 negara (Algeria, Nigeria, Turki, Inggris dan Cina). Setiap negara hanya berinvestasi untuk satu satelit, tetapi akan mendapat *downlink opportunity* dari semua satelit yang ada dalam konstelasi. Seri pertama satelit-satelit ini memiliki kemampuan resolusi citra 32 m dan 3 spectral band *visible*, dimana sistem konstelasi dan cakupannya yang lebar (600 km swath) membuat waktu *re-visit* nya menjadi 1 hari. Seri yang keduanya dinyatakan akan memiliki resolusi dibawah 4 m dengan spectral band yang lebih banyak.

Pada kepemilikan satelit bersama ini, peneberjalan dengan tuan protokol bersama dan pengaturan jadwal operasi untuk masing-masing negara operator sangat penting agar konstelasi satelit dapat berjalan dengan efektif. Operasi bersama juga membuat sisi operasi stasiun bumi juga kua akan terbantu, krena adanya stasiun bumi partner memungkinkan adanya *back-up* saat perarasi jika stasiun bumi kita kebetulan memiliki masalah.

Kemungkinan solusi kepemilikan bersama baik satu maupun konstelasi satelit penginderaan jauh ini cocok untuk negara berkembang seperti Indonesia yang mempunyai dana untuk pengembangan infrastruktur antariksa yang sangat terbatas. Dalam konteks ini perlu pula dikaji kemungkinan kerja sama dengan negara tetangga yang mempunyai jenis kebutuhan produk penginderaan jauh yang sama dengan Indonesia (aplikasi darat dan laut) dan tentunya negara yang dapat memberikan dukungan teknologi antariksa.

## VIII. Daftar Pustaka

1. Triharjanto, R.H. dan Widiyanto, A.; *Penggunaan Satelit Penginderaan Jauh di Indonesia*, malakah untuk Roadmap Satelit Indonesia di Direktorat Jendral Pos dan Telekomunikasi
2. <http://www.lapanrs.com>
3. [http://landsat.usgs.gov/project\\_facts/landsatupdates/2007/Vol\\_1\\_Issue\\_3/Vol\\_1\\_Issue\\_3.php](http://landsat.usgs.gov/project_facts/landsatupdates/2007/Vol_1_Issue_3/Vol_1_Issue_3.php).
4. [http://rst.gsfc.nasa.gov/Intro/Part2\\_15.html](http://rst.gsfc.nasa.gov/Intro/Part2_15.html)
5. <http://www.geoserve.nl/pricelists/EUSpaceImaging-Pricelist.pdf>
6. <http://calval.cr.usgs.gov/documents/CBERS2.pdf>
7. <http://www.sstl.co.uk/>
8. [http://ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/index\\_e.php](http://ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/index_e.php)
9. Hasbi, W.; Widyastuti, R.; *The Use Of LAPAN-TUBSAT Satellite Video Data For Earth Observation*; Earth Observation Small Satellites for Remote Sensing Applications (eoss2007), Nov. 20-23 2007, Kuala Lumpur, Malaysia