



Perkembangan Satelit LAPAN-Series untuk Pemantauan Bumi dari Masa ke Masa

Ega Asti Anggari
ega.asti.anggari@brin.go.id
Pusat Riset Teknologi Satelit, BRIN, Bogor, Indonesia

Elvira Rachim
elvi002@brin.go.id
Pusat Riset Teknologi Satelit, BRIN, Bogor, Indonesia

Patria Rachman Hakim
patria.rachman.hakim@brin.go.id
Pusat Riset Teknologi Satelit, BRIN, Bogor, Indonesia

Artikel ini telah dipresentasikan pada kegiatan Seminar Nasional
Fisika (Sinafi 12.0)
Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia
08 Agustus 2026

Agung Wahyudiono
agung.wahyudiono@brin.go.id
Pusat Riset Teknologi Satelit, BRIN, Bogor, Indonesia

Sartika Salaswati
sartika.salaswati@brin.go.id
Pusat Riset Teknologi Satelit, BRIN, Bogor, Indonesia

Agus Herawan
agus112@brin.go.id
Pusat Riset Teknologi Satelit, BRIN, Bogor, Indonesia

Abstrak

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memerlukan sistem pemantauan yang mencakup wilayah yang luas secara efisien. Pengembangan satelit nasional adalah langkah strategis untuk mencapai kemandirian teknologi penginderaan jauh dan membantu sistem pemantauan nasional. Studi ini bertujuan untuk menjelaskan perkembangan teknologi satelit yang dibangun oleh BRIN untuk pemantauan bumi dari masa ke masa. Penelitian ini mencakup tahapan perkembangan, pola perkembangan, dan dampak pemantauan bumi yang dicapai oleh LAPAN-series. Evolusi dan perkembangan satelit LAPAN-series, mulai dari LAPAN-TUBSAT sebagai pinoneer perkembangan satelit dan berfokus pada tahap eksperimen, LAPAN-A2 sebagai transisi ke operasional, hingga LAPAN-A3 telah memasuki tahap aplikasi ilmiah. Analisis menunjukkan adanya pergeseran peran dari pembelajaran teknologi, menjadi penyedia layanan dan digunakan untuk penelitian pemantauan bumi. Pemantauan bumi telah dimanfaatkan secara luas dibidang pertanian, lingkungan dan maritim. Meskipun demikian terdapat keterbatasan berupa akurasi geometri yang kurang presisi, ketersediaan data yang belum kontinu dan kebutuhan integrasi dengan satelit lain. Secara keseluruhan, LAPAN-series menunjukkan perkembangan kemandirian data dan teknologi penginderaan jauh serta membuka peluang riset dengan berbasis data lokal.

Keywords: satelit · Lapan-series · pemantauan bumi · teknologi penginderaan jauh

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang besar, luasnya sebesar 5,18 juta km². Kondisi geografis yang berupa kepulauan merupakan tantangan dalam pemantauan wilayah karena posisi pulau yang tersebar. Pengamatan berbasis darat menjadi kurang efisien karena wilayahnya yang terpisahkan lautan. Kondisi lingkungan yang berupa perkotaan, hutan, pesisir, serta tingginya potensi bencana membutuhkan pemantauan yang berkelanjutan. Pemantauan yang rutin digunakan untuk melihat perubahan penggunaan lahan dan kondisi lingkungan. Ketersediaan informasi yang cepat, sangat penting untuk penanganan bencana seperti banjir, tanah longsor, kebakaran hutan dan insiden di laut. Sehingga perlu adanya sistem pemantauan yang dapat mencakup area luas secara berkala untuk mendukung pengelolaan sumber daya di Indonesia (Furusawa et al., 2023).

Satelit operasional yang dimiliki negara luar biasa digunakan oleh peneliti maupun pengguna citra satelit di Indonesia untuk analisis lingkungan di negara ini. Satelit tersebut menawarkan kemampuan resolusi spasial, spektral, temporal, dan radiometrik yang semakin tinggi. Landsat 9 adalah contoh satelit pemantauan bumi yang umum digunakan karena sifat datanya yang gratis dan resolusi spasial 30 m yang cukup untuk memantau lahan (Masek et al., 2020). Penggunaan bersama dengan Landsat 8 menjadikan

How to Cite: Anggari, E.A., Wahyudiono, A., Rachim, E., Salaswati, S., Hakim, P.R., & Herawan, A. (2026). Perkembangan Satelit LAPAN-Series untuk Pemantauan Bumi dari Masa ke Masa. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 5 (1), 103-112. <http://proceedings.upi.edu/index.php/sinafi>

resolusi temporal dalam mengamati suatu wilayah menjadi semakin baik. Contoh lain adalah satelit worldview-3 yang memiliki kamera pankromatik sebesar 31 cm dan memiliki 16 spektral band yang merupakan satelit resolusi spasial yang sangat tinggi. Worldview-3 dapat menyajikan informasi objek dengan sangat detail. Pemanfaatannya digunakan pada pemetaan perkotaan, vegetasi, dan membedakan litologi (Patric et al., 2026) (Hunt et al., 2016) (Ye et al., 2017).

Ketergantungan pada satelit negara luar memiliki keterbatasan dalam hal aksesibilitas ke data. Data dengan resolusi menengah tentu dapat diakses dengan mudah dan murah tapi untuk data dengan resolusi tinggi dan sangat tinggi memerlukan biaya mahal. Ketersediaan data tergantung jadwal akuisisi satelit, sehingga data yang dibutuhkan pada tempat dan waktu tertentu bisa saja tidak tersedia. Proses distribusi data tentu membutuhkan waktu terutama pada data yang besar (Araguz et al., 2018). Kebijakan pemilik satelit tentu dapat berubah sewaktu-waktu dan menyebabkan kerugian pada pengguna. Oleh karena itu, ketergantungan ini dapat menghambat efektivitas pemantauan dan pengambilan keputusan secara cepat dan mandiri.

LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional) yang sekarang dikenal sebagai BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional) memulai pengembangan satelit sebagai langkah strategis untuk mencapai kemandirian data penginderaan jauh nasional. Inovasi ini merupakan langkah untuk mengurangi ketergantungan terhadap data penginderaan jauh asing. Melalui program pengembangan satelit secara mandiri ini, Indonesia berupaya menguasai proses integrasi, akuisisi, pengolahan dan distribusi data satelit. Program ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas sumber daya manusia dalam penguasaan teknologi antariksa (Robertus Heru Triharjanto & Hakim, 2017).

Melalui tulisan ini kami memiliki tujuan untuk menjelaskan perkembangan teknologi satelit yang dibangun oleh BRIN untuk pemantauan bumi dari masa-kemasa. Kebaruan dari tulisan ini adalah penyajian evolusi pengembangan satelit pemantauan bumi Indonesia, dimulai dari teknologi, operasional dan aplikasi ilmiah. Penguasaan teknologi satelit tentu masih dalam tahap berkembang tetapi usaha untuk lebih maju selalu ada dari waktu ke waktu. Usaha ini diharapkan dapat memperkuat posisi Indonesia dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Cita-cita besarnya yaitu penguasaan teknologi dan pembangunan kemandirian teknologi nasional.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan Perkembangan Satelit LAPAN-Series

LAPAN-TUBSAT

LAPAN-TUBSAT merupakan pinonir perkembangan satelit di Indonesia. Pada fase ini fokus utama adalah pemahaman dasar mengenai desain dan integrasi sistem satelit (R H Triharjanto et al., 2004). Melalui satelit ini, para peneliti dan insinyur memperoleh pengalaman langsung terkait desain, peluncuran, hingga pengoperasian satelit di orbit. Data yang diperoleh digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem, bukan untuk kebutuhan analisis yang kompleks. Pengalaman pengintegrasian satelit LAPAN-TUBSAT menjadi bekal penting dalam mengidentifikasi kekurangan dan potensi pengembangan teknologi selanjutnya.

Gambar 1. menunjukkan penampakan bagian atas dan bawah LAPAN-TUBSAT. Komponen *gyro*, *reaction wheel*, *coil x yz* dan *star sensor* adalah bagian penting dari *Attitude Determination and Control System* (ADCS) yang berfungsi untuk menentukan posisi dan mengubah orientasi satelit. PCDH (Payload and Data Handling) memiliki fungsi utama mengelola data yang dihasilkan oleh *payload*. Komunikasi dilakukan dengan menggunakan UHF antenna sedangkan mengirim data *payload* menggunakan S-band antenna. Energi satelit dihasilkan oleh solar panel lalu disimpan di baterai untuk menjalankan sistem dan *payload* pada satelit.



Gambar 1. LAPAN-TUBSAT bagian (a) bawah dan (b) atas

Data citra yang dihasilkan memiliki keterbatasan dalam hal resolusi dan konsistensi, sehingga belum digunakan untuk analisis ilmiah yang lebih mendalam. Data yang ada belum bisa digunakan untuk kebutuhan kuantitatif seperti klasifikasi maupun pemodelan. Pemanfaatan data lebih bersifat eksploratif dan belum bersifat praktis. Hal ini menjadikan satelit ini lebih berfungsi sebagai sarana pembelajaran dibandingkan sebagai alat operasional. Dengan demikian, peran utamanya adalah membangun pengalaman teknis sebelum masuk ke tahap pemanfaatan yang lebih aplikatif.

LAPAN-A2

LAPAN-A2 menjadi fase transisi dari fase experimental menjadi fase fungsional. Selain digunakan untuk pengujian teknologi, pada fase ini mulai dilakukan misi operasional. Pada LAPAN-A2 memiliki payload kamera digital RGB dengan ukuran 2048×2044 piksel yang memiliki resolusi radiometrik 12 bit, resolusi spasial 5 m dan lebar pengambilan citra mencapai 7 km. Kualitas dan keberlanjutan data yang dihasilkan mengalami peningkatan dibandingkan tahap sebelumnya. Kualitas data citra terus dilakukan perbaikan dengan melakukan *stripe noise correction* (Kamirul et al., 2018), (Hakim & Hasbi, 2019)(Kamirul et al., 2023) maupun *line drop error correction* (Hakim & Madina, 2019).

LAPAN-A2 mulai digunakan untuk misi pemantauan bumi. Kegiatan pengamatan kondisi permukaan bumi mulai dilakukan secara *continue* dan pengamatan penutup lahan dapat dilakukan secara terbatas (J. T. Nugroho et al., 2017). Bencana alam mulai dapat dipantau melalui satelit misalnya gempa bumi di Lombok dan likuifikasi di Palu (Hasbi, 2019) (Gambar 2).



Gambar 2. Citra lapan A2 (a) longsor di rinjani, Lombok (b) Likuifikasi di Palu

Selain di darat pemantauan bumi juga dilakukan dilaut. Dengan bantuan payload AIS (Automatic Identification System) memungkinkan untuk mengamati dinamika aktifitas maritim (Hasbi et al., 2019). Data AIS dapat digunakan untuk mendeteksi jalur pelayaran, kepadatan kapal, serta mengidentifikasi

aktivitas ilegal seperti pencurian ikan (Judianto & Wahyudiono, 2017). Jika data AIS dikombinasikan dengan data citra dapat meningkatkan akurasi interpretasi.

Data citra pada LAPAN-A2 menggunakan kamera matriks sehingga sensor tidak sekompleks satelit penginderaan jauh modern. Data dapat digunakan untuk mendeteksi objek maupun klasifikasi penggunaan lahan tapi tidak dapat digunakan untuk analisis kuantitatif (analysis index) karena informasi spektral yang terbatas.

LAPAN-A3

LAPAN-A3 merepresentasikan tahap operasional dalam perkembangan satelit Indonesia. Pada tahap ini satelit lebih banyak dimanfaatkan dalam misi pemantauan bumi. Fokus utama diarahkan pada misi penginderaan jauh dan datanya dapat digunakan untuk tahap analisis. Data citra LAPAN-A3 mencapai tingkat yang lebih matang untuk operasional maupun penelitian.

Pada LAPAN-A3 memiliki kamera multispektral yang bernama LISA – *Line Imager for Space Application*. LISA merupakan kamera multispektral yang memiliki 4 band yaitu biru, hijau, merah dan NIR. Resolusi spasialnya adalah 15 m, resolusi radiometriknya 16 bit, resolusi temporalnya adalah 21 hari (Anggari et al., 2023).

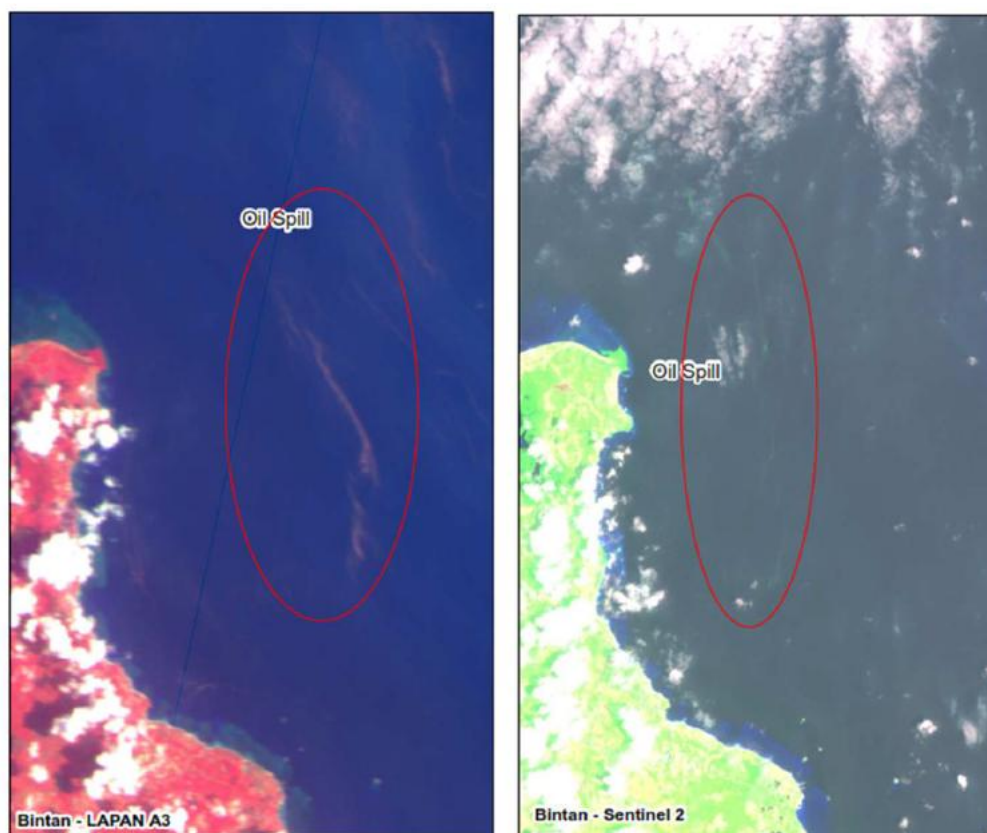
Proses koreksi yang telah dilakukan mencakup proses koreksi efek *vigneting*, koreksi koregistrasi, dan koreksi geometrik (Hakim et al., 2019). Proses koreksi atmosfer dan topografi juga mulai diteliti (Anggari, 2024) (Anggari et al., 2025). Untuk mempertegas keandalannya hasil klasifikasinya juga dibandingkan dengan satelit operasional yaitu landsat 8 dan sentinel 2. Anggari et al., 2023 melakukan penelitian menggunakan klasifikasi *maximum likelihood*. Ketiga satelit tersebut diambil pada area yang sama dengan waktu perekaman citra pada hari yang sama. Lalu diambil area latih meliputi enam kelas yaitu perairan, sawah, area terbangun, area terbuka dan pesisir. Hasil klasifikasi dari LAPAN-A3 dibandingkan dengan klasifikasi dari landsat 8 selanjutnya hasil klasifikasi dari LAPAN-A3 dibandingkan pula dengan hasil klasifikasi sentinel 2. Hasilnya menunjukkan akurasi 84,7042 % pada klasifikasi LAPAN-A3 terhadap landsat 8 dan 72.2313% pada klasifikasi LAPAN-A3 terhadap sentinel 2. Sehingga hasil klasifikasi LAPAN-A3 lebih mirip hasil klasifikasi landsat 8 dari pada sentinel 2 (Anggari et al., 2023).

Pemanfaatan citra LAPAN-A3 telah digunakan pada berbagai aplikasi. Pada klasifikasi penggunaan lahan citra LAPAN-A3 telah digunakan pada area sekitar danau toba dengan metode *maximum likelihood* dengan akurasi cukup baik yaitu 93.71% (J. T. Nugroho et al., 2018). Identifikasi objek juga telah dilakukan menggunakan metode Object-Based Image Analysis (OBIA) pada area Subang untuk mengidentifikasi area sawah (Mukhoriyah & Kushardono, 2021). Proses awalnya citra LAPAN-A3 dikoreksi geometri dengan referensi landsat 8. Selanjutnya dilakukan proses segmentasi dengan metode segmentasi multiresolusi yaitu mengelompokkan piksel dalam gambar menjadi poligon berdasarkan parameter seperti skala, warna, faktor bentuk, kekompakan, dan kehalusan. Pada fase klasifikasi menggunakan metode *supervised* dengan mengambil area sampel berdasarkan *random stratified sampling*. Hasil menunjukkan akurasi mencapai 62.5% terhadap referensi. Terdapat over segmentasi pada tampilan objek yang sama yang disebabkan penetapan nilai yang tidak akurat pada setiap parameter algoritma saat proses segmentasi dilakukan.

Metode OBIA juga diimplementasikan dengan Tree Algorithm (Herawan et al., 2021). Area yang dipakai adalah Pulau Rote. Parameter klasifikasi OBIA yang digunakan adalah skala 60, bentuk 0.5, dan kekompakan 0.5. Selanjutnya *Tree* algoritma digunakan menggunakan sampel yang relatif sedikit, dan pemisahan sampel lebih dipengaruhi oleh klasifikasi pengguna. Akurasi menunjukkan hasil 86.67% pada akurasi *producer*, 83.02% pada KIA, 92.86 pada Helden.

Pada sektor laut LAPAN-A3 juga digunakan untuk mendeteksi tumpahan minyak (Mayestika et al., 2022). Penelitian ini menunjukkan potensi penggunaan kamera LAPAN-A3 dengan komposisi yang

diusulkan (Blue-Green-NIR) untuk menunjukkan keberadaan tumpahan minyak (Gambar3). Keterbatasan kamera LAPAN-A3 yang tidak memiliki band SWIR, menyebabkan keterbatasan dalam mendeteksi tipe dan ketebalan tumpahan minyak.



Gambar 3. Citra Lapan A3 yang menunjukkan keberadaan tumbahan minyak

Pola Perkembangan Satelit LAPAN-Series

Perkembangan satelit Lapan-Series menunjukkan perkembangan fungsi yang semakin matang. Pada fase awal, Lapan Tubsat berperan sebagai sarana eksperimen untuk memahami fungsi dan sistem satelit. Pada Lapan A2 mengalami masa transisi dimana fungsi satelit mulai diarahkan ke operasional dan penerapan misi yang nyata. Perkembangan pada Lapan A3 fungsi telah digunakan untuk operasional dan mulai digunakan untuk kepentingan ilmiah.

Data yang dihasilkan juga terlihat perkembangannya baik secara kualitas maupun pemanfaatannya. Pada fase awal data bersifat visual dan hanya bisa diinterpretasi sederhana. Lalu tahap selanjutnya data lebih baik dan menjadi lebih informatif. Pada fase terbaru data menjadi lebih berkembang, dapat digunakan untuk analitis untuk keperluan ilmiah. Data sudah dapat digunakan untuk penelitian klasifikasi penutup lahan, pemantauan lingkungan dan analisis kuantitatif.

Perubahan juga terlihat pada perannya dalam mendukung berbagai aktifitas. Awalnya satelit berperan sebagai sarana pembelajaran teknologi. Kemudian, perannya berkembang menjadi penyedia layanan untuk kebutuhan operasional pemantauan wilayah. Selanjutnya perannya berkembang untuk penelitian dan ilmu pengetahuan. Hal ini membuktikan bahwa satelit Lapan-series berkembang menuju kemanfaatan yang lebih luas dan aplikatif yang mendukung kemajuan penelitian dan ilmu pengetahuan. Pola perkembangan satelit Lapan-Series dapat dilihat di Tabel 1.

Tabel 1. Pola perkembangan satelit Lapan-Series

	LAPAN TUBSAT	LAPAN A2	LAPAN A3
FUNGSI	eksperimen	transisi	operasional
DATA	visual	informatif	analitis
PERAN	teknologi	layanan	penelitian

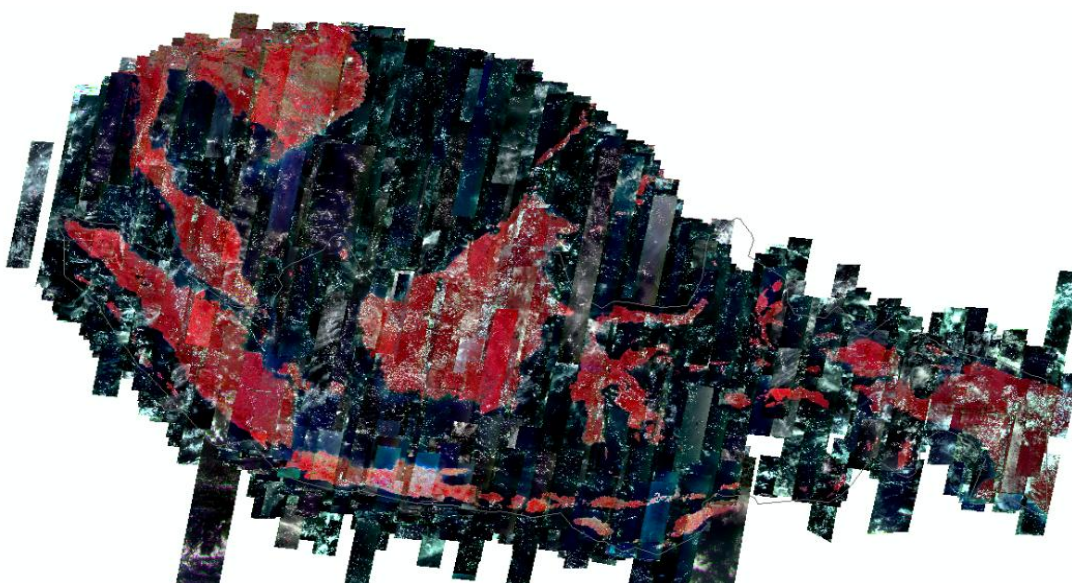
Dampak terhadap pemantauan bumi di Indonesia

Pengembangan satelit nasional memungkinkan pemantauan wilayah Indonesia secara mandiri. Cakupan observasi menggunakan satelit dapat membantu sistem observasi yang cepat dan efisien. Peran satelit LAPAN-A3 memberikan penyediaan data secara berkala. Hal ini bisa dilihat dengan hasil pengambilan area Indonesia di Gambar 4. Dengan data ini diharapkan dapat mendukung penyediaan informasi dengan cepat dan relevan sesuai kebutuhan.

Pemanfaatan satelit dapat digunakan dalam berbagai sektor. Pada bidang pertanian data digunakan untuk memantau dinamika tanaman. Hasil reflektansi empat tanaman (bawang, jagung, padi, tebu) satelit Lapan A3 memiliki korelasi dengan landsat 8 (Wijayanto et al., 2019). Pengamatan pada fase pertumbuhan padi menunjukkan baik untuk menunjukkan afse vegetatif dimana prosesnya dilakukan dengan indeks vegetasi NDVI (Setiawan et al., 2018).

Pada bidang lingkungan, data digunakan untuk memantau perubahan penutup lahan. Berbagai penelitian telah menggunakan data Lapan A3 untuk mengamati perubahan lahan (Zylshal et al., 2019), (Anggari et al., 2023). Parameter lingkungan juga pernah dilakukan dengan menghitung estimasi chlorophyll-a di waduk jatiluhur (Permatasari et al., 2019). Selain itu fenomena kekeringan juga pernah dilakukan di daerah Karawang, Jawa barat. Pada penelitian ini ditemukan bahwa nilai NDVI itu dapat diasosiasikan dengan musim hujan. Musim hujan yang biasanya terjadi pada bulan januari mundur menjadi bulan April, dimana nilai NDVI bulan april juga paling tinggi nilainya.

Selain di darat, pemanfaatan satelit juga dapat digunakan untuk mengawasi aktifitas maritim. Citra Lapan A3 dapat digunakan untuk deteksi tumpahan minyak di perairan Kerawang dan Bintan (Mayestika et al., 2022). AIS pada LAPAN A2 maupun LAPAN A3 dapat digunakan untuk deteksi kapal sehingga dapat mendeteksi adanya *vessel spoofing*, pencurian ikan, maupun tindakan kriminal di laut (M. Nugroho et al., 2021)(Mukhayadi et al., 2019) .



Gambar 4. Area Indonesia yang diambil dari kamera LAPAN-A3

Keterbatasan data satelit

Meskipun setiap satelit LAPAN-series menunjukkan perkembangan, satelit LAPAN-A3 memiliki keterbatasan. Geometri pada data citra masih kurang presisi sehingga sebelum dipakai perlu proses koreksi geometri yang membutuhkan banyak waktu (Hakim et al., 2019). Resolusi 15 m yang diklaim terbatas untuk mengamati objek dengan ketelitian menengah misalnya bidang pertanian. Untuk objek yang membutuhkan ketelitian tinggi, data satelit LAPAN A3 belum bisa untuk mengakomodasi.

Selain itu ketersediaan data yang belum kontinu menjadi hambatan tersendiri. LAPAN A3 adalah satelit yang memiliki orbit polar dan untuk mengambil citra di wilayah sama memerlukan waktu 21 hari sekali. Tentu hal ini menghambat ketersediaan data, apalagi jika diperlukan data yang cepat dan dinamis di wilayah bencana.

Keterbatasan lain adalah kebutuhan untuk mengintegrasikan dengan satelit lain (Anggari et al., 2023) (Salaswati et al., 2024). Di banyak penelitian yang telah terbit, analisis citra LAPAN A3 perlu digunakan bersama dengan satelit lain untuk memperoleh analisis yang lebih komprehensif. Integrasi digunakan untuk melengkapi kekurangan baik dari segi resolusi, cakupan area maupun frekuensi perekaman.

Pergeseran *Local Time of Descending Node* (LTDN) pada satelit LAPAN A3 menjadi isu yang tidak bisa diabaikan. Pergeseran LTDN ini menyebabkan satelit akan melewati suatu daerah yang sama lebih pagi dari waktu-kewaktu. Hingga ada masanya satelit tidak bisa mengambil gambar dengan baik karena cahaya yang minim (Saifudin & Karim, 2018).

Arah Masa Depan

BRIN terus mengembangkan satelit untuk memenuhi kebutuhan nasional. Satelit selanjutnya akan diberi nama NEO-1. Misi satelit ini masih berfokus pada pemantauan bumi. Satelit ini memiliki keunggulan dimana sistem sensor yang lebih canggih. Satelit ini dirancang dengan multisensor mencakup kamera resolusi tinggi 5m (ELLISA), resolusi menengah 16 m (SLIM) dan termal (LWIR) (Anggari et al., 2020). Integrasi ini diharapkan satelit mampu untuk melakukan pengamatan lebih komprehensif untuk mengetahui karakteristik bumi. Dengan hadirnya kamera resolusi tinggi diharapkan objek dapat diamati dengan lebih detail dan menghasilkan kedalaman informasi yang lebih tinggi. Spesifikasi sensor optik satelit NEO-1 dapat dilihat di Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi sensor optik di satelit NEO-1

Sensor	Jangkauan spektral (nm)	Resolusi spasial (m)	Lebar perekaman (km)	Revisit time (hari)
SLIM 4	Biru : 450 – 510 Hijau : 523 – 605 Merah: 629 – 690 Nir : 774 – 900	16	230	11
SWIR	1550 – 1660	20	34	77
ELLISA	410 – 700	5	33	79
LWIR A4	10400 – 12500	56	34	77
LWIR BPPT	10400 – 12500	146	47	56

Satelit NEO-1 juga dilengkapi payload AIS (Automatic Identification System) dengan spesifikasi lebih baik dari versi sebelumnya. Pengintegrasian citra optik dan AIS diharapkan dapat mengoptimalkan sistem pemantauan di laut. Kombinasi antara data citra dan informasi aktivitas kapal memungkinkan analisis yang lebih menyeluruh terhadap dinamika wilayah laut, termasuk pengawasan aktivitas ilegal (Rahayu, 2025).

Satelit penginderaan jauh diharapkan memiliki *Local Time of Descending Node* (LTDN) yang terawat. Diharapkan waktu perekaman berada pada waktu yang konstan. Akibat adanya orbital perturbations, LTDN bisa berubah akibat perubahan inklinasi. Seiring bertambahnya usia satelit, LTDN akan bergeser lebih pagi, sehingga penyinaran matahari akan berkurang sehingga tidak ideal untuk misi pengambilan citra. Untuk memelihara LTDN pada Satelit NEO-1 ditambahkan *thruster* yang belum ada di satelit sebelumnya (Saifudin & Karim, 2018).

KESIMPULAN

Satelit Lapan-series menunjukkan perkembangan yang jelas dan konsisten dari tahap eksperimen menuju operasional dan ilmiah. LAPAN-TUBSAT fokus utama adalah pemahaman dasar mengenai desain dan integrasi sistem satelit. Data citra yang dihasilkan memiliki keterbatasan dalam hal resolusi dan konsistensi, sehingga belum digunakan untuk analisis ilmiah. LAPAN-A2 menjadi fase transisi dari fase experimental menjadi fase fungsional. LAPAN-A2 mulai digunakan untuk misi pemantauan bumi misal bencana gempa bumi di Lombok dan likuifikasi di Palu. Data dapat digunakan untuk mendeteksi objek maupun klasifikasi penggunaan lahan dengan analisis terbatas. LAPAN-A3 merepresentasikan tahap operasional dalam perkembangan satelit. Dengan memanfaatkan kamera multispektral LAPAN-A3 memiliki pemanfaatan lebih luas untuk mengamati pertanian, lingkungan dan maritim. Walau dengan segala pencapaian tersebut terdapat keterbatasan pada data citra misalnya geometrik yang perlu ditingkatkan, kebutuhan untuk mengintegrasikan dengan satelit lain, maupun pergeseran LTDN. Perkembangannya menunjukkan adanya peningkatan kapasitas dari penguasaan sistem dasar ke penggunaan nyata. Kemajuan ini menunjukkan bahwa Indonesia mampu menyediakan data penginderaan jauh secara mandiri. Melalui kontribusi satelit Lapan-series penguasaan teknologi luar angkasa nyata perkembangannya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada para peneliti dan perekayasa di pusat riset teknologi satelit karena atas dedikasi dan semangatnya satelit buatan anak bangsa berhasil mengorbit. Penulis juga mengucapkan untuk operator satelit atas kesiagaannya menjaga satelit, sehingga tetap sehat dan dapat digunakan untuk mengambil data. Tidak lupa penulis ucapkan terimakasih kepada tim data dan optik satelit yang selalu mengupayakan data citra selalu optimal dan siap digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggari, E. A., Herawan, A., Hakim, P. R., Wahyudiono, A., Salaswati, S., Rachim, E., & Zyslhal, Z. (2023). Assessing the Accuracy of Land Use Classification Using Multi-spectral Camera From LAPAN-A3, Landsat-8 and Sentinel-2 Satellite: A Case Study in Probolinggo-East Java. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 13(5), 1622–1627. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.13.5.18570>
- Anggari, E. A., Herawan, A., Salaswati, S., Hakim, P. R., & Syafrudin, A. H. (2020). *Preliminary study of the potential utilization of imagery from LAPAN-A4 satellites*. 2366.
- Araguz, C., Bou-balust, E., & Alarcón, E. (2018). *Applying autonomy to distributed satellite systems : Trends , challenges , and future prospects*. February, 401–416. <https://doi.org/10.1002/sys.21428>
- Furusawa, T., Koera, T., Siburian, R., Wicaksono, A., Matsudaira, K., & Ishioka, Y. (2023). Time - series analysis of satellite imagery for detecting vegetation cover changes in Indonesia. *Scientific Reports*, 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35330-1>
- Hakim, P. R., & Hasbi, W. (2019). An Adaptive Stripe Noise Removal Algorithm for Optical Satellite Imagery. *2019 IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES)*, 1–7.



- Hakim, P. R., & Madina, R. (2019). Line-Drop Error Correction for LAPAN-A2 Microsatellite Imagery. *2019 IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES)*, 1–7.
- Hakim, P. R., Syafrudin, A. . ., Salaswati, S., Utama, S., & Hasbi, W. (2019). *Development of Systematic Image Preprocessing of LAPAN-A3/IPB Multispectral Images*. 7(10), 9–18. <http://arxiv.org/abs/1901.09189>
- Hasbi, W. (2019). *LAPAN-A2 (IO-86) Satellite Roles in Natural Disaster in Indonesia*. October, 21–25.
- Hasbi, W., Mukhayadi, M., & Renner, U. (2019). The Impact of Space-Based AIS Antenna Orientation on In-Orbit AIS Detection Performance. *Applied Science*, 9, 1–19.
- Herawan, A., Julzarika, A., Hakim, P. R., & Anggari, E. A. (2021). Object-Based on Land Cover Classification on LAPAN-A3 Satellite Imagery Using Tree Algorithm (Case Study: Rote Island). *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 11(6), 2254–2260. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.11.6.14200>
- Hunt, E. R., Daughtry, C. S. T., & Li, L. (2016). Feasibility of estimating leaf water content using spectral indices from WorldView-3's near-infrared and shortwave infrared bands. *International Journal of Remote Sensing*, 37(2), 388–402. <https://doi.org/10.1080/01431161.2015.1128575>
- Judianto, C. T., & Wahyudiono, A. (2017). *Application Model of Automatic Identification System and Surveillance Technology for Indonesia Maritime Security Based on LAPAN-A2 Satellite*. November 2014.
- Kamirul, Hakim, P. R., & Salaswati, S. (2018). Statistical-based Stripe Noise Correction on LAPAN Microsatellite Imagery. *2018 IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES)*, 5, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICARES.2018.8547079>
- Kamirul, Khairunnisa, Ega Asti Anggari, Dicka Ariptian Rahayu, Agus Herawan, Moedji Soedjarwo, & Chusnul Tri Judianto. (2023). Superpixel-Based Stripe Noise Removal for Satellite Imageries. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi*, 12(2), 124–130. <https://doi.org/10.22146/jnteti.v12i2.7443>
- Masek, J. G., Wulder, M. A., Markham, B., McCorkel, J., Crawford, C. J., Storey, J., & Jenstrom, D. T. (2020). Landsat 9: Empowering open science and applications through continuity. *Remote Sensing of Environment*, 248(July), 111968. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111968>
- Mayestika, P., Ibrahim, A., Hartuti, M., Asti, E., & Herawan, A. (2022). *Assessing LAPAN-A3 Satellite with Line Imager Space Application (LISA) Sensor for Oil Spill Detection*. 12(6), 2165–2173.
- Mukhayadi, M., Karim, A., Hasbi, W., & Permala, R. (2019). *Designing a constellation for AIS mission based on data acquisition of LAPAN-A2 and LAPAN-A3 satellites*. 17(4), 1774–1784. <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v17i4.12048>
- Mukhoriyah, & Kushardono, D. (2021). *Application of LAPAN A3 Satellite Data for the Identification of Paddy Fields using Object Based Image Analysis (OBIA)*. 18(1), 33–42.
- Nugroho, J. T., Zylshal, Z., & Kushardono, D. (2017). *Performance of LAPAN-A2 satellite data to classify land cover / land use in Semarang , Central Java*. February. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/54/1/012098>
- Nugroho, J. T., Zylshal, Z., & Kushardono, D. (2018). Lapan-a3 Satellite Data Analysis for Land Cover Classification (Case Study: Toba Lake Area, North Sumatra). *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences (IJReSES)*, 15(1), 71. <https://doi.org/10.30536/ijreses.2018.v15.a2782>
- Nugroho, M., Ferdiansyah, N., & Rahayu, D. A. (2021). *An Information Extraction of LAPAN Satellite ' s AIS Database for Ship Classifications on the Territorial Waters of Indonesia*. 19(1), 33–42.
- Patric, D., Kappas, M., Wyss, D., & Schaab, G. (2026). Semi-automated object-based image analysis for peri-urban land use/cover classification using WorldView-3 imagery of Mankweng, South Africa. *Scientific Reports*, 16(1), 1–21. <https://doi.org/10.1038/s41598-026-66042-x>

- Permatasari, P. A., Muslimah, S., & Utomo, B. A. (2019). Comparison of LISAT and Landsat imagery for estimating chlorophyll-a (case study: Jatiluhur Reservoir). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 284(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/284/1/012041>
- Rahayu, D. A. (2025). An Integrated Ground Segment Framework for NEO-1 : Automated Data Pipelines to Maritime Intelligence. *2025 IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ICARES67579.2025.11371560>
- Saifudin, M. A., & Karim, A. (2018). LAPAN-A4 Concept and Design for Earth Observation and Maritime Monitoring Missions. *2018 IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES)*, 5, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICARES.2018.8547143>
- Salaswati, S., Saputro, A. H., Hasbi, W., Amin, D. El, & Hakim, P. R. (2024). *Multi-Site Cross Calibration on the LAPAN-A3 / IPB Satellite Multispectral Camera with One-Dimensional Kalman Filter Optimization*. 15(10), 665–675.
- Setiawan, Y., Prasetyo, L. B., Pawitan, H., Liyantono, L., Syartinilia, S., Wijayanto, A. K., Permatasari, P. A., Syafrudin, A. H., & Hakim, P. R. (2018). Pemanfaatan Fusi Data Satelit Lapan-a3/Ipb Dan Landsat 8 Untuk Monitoring Lahan Sawah. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 8(1), 67–76. <https://doi.org/10.29244/jpsl.8.1.67-76>
- Triharjanto, R H, Hasbi, W., Widipaminto, A., Mukhayadi, M., & Renner, U. (2004). *LAPAN-TUBSAT : Micro-Satellite Platform for Surveillance & Remote Sensing*. 1, 1–7.
- Triharjanto, Robertus Heru, & Hakim, P. R. (2017). Review of satellite technology development in Indonesian space agency based on its technical publications in 2012-2016. *Proceedings of the International Astronautical Congress, IAC*, 9(September), 5756–5762.
- Wijayanto, A. K., Yusuf, S. M., & Pambudi, W. A. (2019). The Characteristic of spectral reflectance of LAPAN-IPB (LAPAN-A3) Satellite and Landsat 8 over agricultural area in Probolinggo, East Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 284(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/284/1/012004>
- Ye, B., Tian, S., Ge, J., & Sun, Y. (2017). Assessment of WorldView-3 data for lithological mapping. *Remote Sensing*, 9(11), 1–19. <https://doi.org/10.3390/rs9111132>
- Zylshal, Z., Wirawan, R., & Kushardono, D. (2019). Assessing the Potential of LAPAN-A3 Data for Landuse/landcover Mapping. *Indonesian Journal of Geography*, 50(2), 184–196. <https://doi.org/10.22146/ijg.31449>