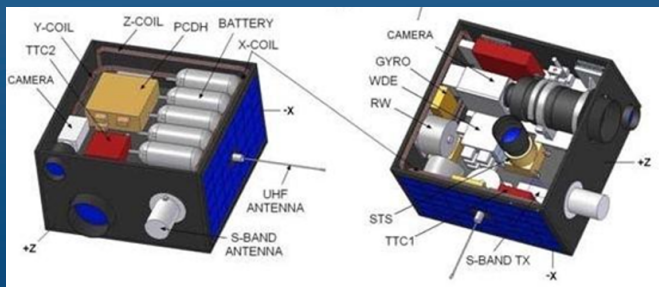


ORASI ILMIAH: RISET DAN INOVASI

INOVASI DAN DESAIN TEKNOLOGI SATELIT MIKRO UNTUK MEMBANGUN KEMANDIRIAN PENGINDERAAN JAUH NASIONAL

ORASI ILMIAH PROFESOR RISET
ILMU TEKNIK DIRGANTARA
BIDANG DESAIN WAHANA DIRGANTARA
KEPAKARAN DESAIN SATELIT, KENDARAAN LUAR ANGKASA,
DAN MISIL



OLEH:

ROBERTUS HERU TRIHARJANTO

BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL

ISSN 3090-8485

**INOVASI DAN DESAIN TEKNOLOGI SATELIT
MIKRO UNTUK MEMBANGUN KEMANDIRIAN
PENGINDERAAN JAUH NASIONAL**

Diterbitkan pertama pada 2026 oleh Penerbit BRIN

Tersedia untuk diunduh secara gratis: penerbit.brin.go.id



Buku ini di bawah lisensi Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0).

Lisensi ini mengizinkan Anda untuk berbagi, mengopi, mendistribusikan, dan mentransmisi karya untuk penggunaan personal dan bukan tujuan komersial, dengan memberikan atribusi sesuai ketentuan. Karya turunan dan modifikasi harus menggunakan lisensi yang sama.

Informasi detail terkait lisensi CC BY-NC-SA 4.0 tersedia melalui tautan: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



ISSN 3090-8485

ORASI ILMIAH: RISET DAN INOVASI

**INOVASI DAN DESAIN TEKNOLOGI SATELIT
MIKRO UNTUK MEMBANGUN KEMANDIRIAN
PENGINDERAAN JAUH NASIONAL**

**ORASI ILMIAH PROFESOR RISET
ILMU TENIK DIRGANTARA
BIDANG DESAIN WAHANA DIRGANTARA
KEPAKARAN DESAIN SATELIT, KENDARAAN LUAR ANGKASA, DAN
MISIL**

**OLEH:
ROBERTUS HERU TRIHARJANTO**

Penerbit BRIN

© 2026 Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)
Organisasi Riset Penerbangan dan Antariksa

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Teknologi Satelit Mikro Untuk Membangun Kemandirian Keantariksaan Nasional/Robertus
Heru Triharjanto. Jakarta – Penerbit BRIN, 2026

x + 72 hlm.; 14,8 x 21 cm

ISSN 3090-8485

1. Satelit Mikro
2. Desain Sistem, Subsystem, dan Komponen
3. Penginderaan Jauh

629.46

Copy editor : Hilda Yunita
Proofreader : Hilda Yunita
Penata Isi : Hilda Yunita
Desainer Sampul : Hilda Yunita

Edisi pertama : Juli 2026



Diterbitkan oleh:
Penerbit BRIN, Anggota Ikapi
Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah
Gedung B.J. Habibie Lt. 8, Jl. M.H. Thamrin No.8,
Kb. Sirih, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340
Whatsapp: +62 811-1064-6770
E-mail: penerbit@brin.go.id
Website: penerbit.brin.go.id
 PenerbitBRIN
 @Penerbit_BRIN
 @penerbit.brin

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
BIODATA RINGKAS	1
PRAKATA PENGUKUHAN	5
BAB I PENDAHULUAN.....	7
BAB II PENGEMBANGAN TEKNOLOGI SISTEM SATELIT MIKRO.....	11
A. Di Lembaga Pendidikan dan Riset.....	11
B. Di Emerging <i>Space Nation</i>	12
C. Di Industri Antariksa.....	15
BAB III INOVASI KOMPONEN DAN DESAIN SATELIT MIKRO NASIONAL DAN STRATEGI PENGEMBANGANNYA	19
A. Inovasi Komponen Muatan Satelit Mikro.....	19
B. Inovasi Komponen Bus Satelit Mikro	21
C. Inovasi Desain Satelit Satelit Mikro	24
D. Kajian Strategi Satelit Nasional	25
BAB IV KONTRIBUSI DAN ARAH RISET SATELIT MIKRO KE DEPAN	29
BAB V PROSPEK SATELIT MIKRO BAGI KEBUTUHAN PENGINDERAAN JAUH NASIONAL	31
BAB VI KESIMPULAN DAN IMPLEMENTASI KEBIJAKAN	35
BAB VII PENUTUP	37
UCAPAN TERIMA KASIH	39
DAFTAR PUSTAKA.....	41
DAFTAR CAPAIAN DALAM BIDANG IPTEK, RISET, DAN INOVASI.....	51
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 5.1 Proyeksi jadwal peluncuran satelit mikro untuk pemenuhan kebutuhan penginderaan jauh nasional	32
---	----

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1	Spesifikasi 2 satelit mikro pertama untuk pemenuhan kebutuhan nasional	33
-----------	--	----

BIODATA RINGKAS



Dr. Robertus Heru Triharjanto, B.Eng., M.Sc., lahir di Bandung, pada tanggal 22 Oktober 1971 adalah anak ke 3 dari Bapak Albertus Rismanto (alm) dan Ibu Catarina Sugiarti. Menikah dengan Susiana Palupi (alm) dan dikaruniai 2 orang anak, yaitu Brigitta Maria Pramesti, dan Gregorius Rio Wibisono.

Berdasarkan Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 51/M Tahun 2021 tanggal 10 November 2021 yang bersangkutan diangkat sebagai Peneliti Ahli Utama terhitung mulai tanggal 9 November 2021.

Berdasarkan Keputusan Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional 165/I/HK/2026 tanggal 14 Juli 2026 yang bersangkutan dapat melakukan orasi ilmiah dan dikukuhkan menjadi Profesor Riset.

Tamat dari SD St. Yusuf II Bandung, tahun 1984, SMP Negeri 5 Bandung, tahun 1987, dan SMA Negeri 3 Bandung, tahun 1990. Memperoleh gelar Sarjana Teknik Dirgantara dari *North Carolina State University*, USA, tahun 1995, gelar Magister Teknik Dirgantara dari *Texas A&M University*, USA, tahun 1997, dan gelar Doktor bidang Teknik Dirgantara dari Institut Teknologi Bandung tahun 2016.

Mengikuti beberapa pelatihan yang terkait dengan bidang kompetensinya, antara lain: *B737 Airframe & Powerplant*, di *Garuda Aviation Training* tahun 2000; *Satellite Design* di *China Academy for Space Technology* tahun 2000; dan *System Level Satellite Design* di *ISRO Satellite Center* tahun 2003.

Pernah menduduki jabatan struktural sebagai Kepala Bidang Teknologi Mekatronika Dirgantara Pusat Teknologi Elektronika Dirgantara, LAPAN (tahun 2009–2011), Kepala Bidang Teknologi Bus Satelit Pusat Teknologi Satelit, LAPAN (tahun 2011–2014), Kepala Pusat Kajian Kebijakan Perbangan dan Antariksa, LAPAN (tahun 2018–2021), Plt. Direktur Penguatan dan Kemitraan Infrastruktur Riset dan Inovasi Deputy Bidang Infrastruktur Riset dan Inovasi, BRIN (tahun 2021–2022), dan Kepala Organisasi Riset Penerbangan dan Antariksa, BRIN (tahun 2022 – sekarang).

Jabatan Fungsional Peneliti diawali sebagai Peneliti Ahli Pertama golongan III/a tahun 1999, Peneliti Ahli Muda golongan III/c tahun 2001, Peneliti Ahli Madya golongan golongan IV/a tahun 2007, dan memperoleh jabatan Peneliti Ahli Utama golongan IV/d bidang desain satelit, kendaraan luar angkasa, dan misil tahun 2021.

Menghasilkan 56 karya tulis ilmiah (KTI), baik yang ditulis sendiri maupun bersama penulis lain dalam bentuk buku, jurnal, dan prosiding. Sebanyak 29 KTI ditulis dalam bahasa Inggris, dan 27 dalam bahasa Indonesia.

Ikut serta dalam pembinaan kader ilmiah, yaitu sebagai anggota redaksi Jurnal Teknologi Dirgantara tahun 2013-2018; anggota Tim Penilai Peneliti Instansi (TP2I) tahun 2014-2018; dosen tamu di Fakultas Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan sejak tahun 2020; menjadi pembimbing Tugas Akhir di Prodi Teknik Dirgantara, FTMD, ITB; dan menjadi co-promotor untuk mahasiswa S3 di FT UI, FEB Undip dan FISIP Unpad.

Aktif dalam Organisasi Profesi Ilmiah, sebagai anggota IEEE sejak 2012 (saat ini menjadi *senior member*), anggota IAA (*International Academy of Astronautics*) sejak tahun 2021, dan anggota Himpenindo/PPI sejak tahun 2019.

Menerima tanda penghargaan Satyalancana Karya Satya X, XX, dan XXX Tahun pada tahun 2001, 2011, dan 2021 dari Presiden RI. Menerima penghargaan fungsional pertama terbaik dari LAPAN pada tahun 1999, dan fungsional muda terbaik dari LAPAN tahun 2006.

PRAKATA PENGUKUHAN

Assalaamualaikum warahmatullahi wabarakaatuh.

Hom Suasti Astu, Namo Budaya, Salam kebajikan

Salam Sejahtera untuk kita semua.

Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional, dan hadirin yang saya hormati.

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji dan syukur ke hadirat Tuhan, karena atas segala berkat-Nya kita dapat berkumpul dan bersama-sama hadir pada acara orasi ilmiah pengukuhan Profesor Riset di Badan Riset dan Inovasi Nasional.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, dengan segala kerendahan hati, izinkan saya pada tanggal 30 Juli 2026 menyampaikan orasi ilmiah dengan judul:

“INOVASI DAN DESAIN TEKNOLOGI SATELIT MIKRO
UNTUK MEMBANGUN KEMANDIRIAN PENGINDERAAN
JAUH NASIONAL”

Kami berkontribusi dalam merintis pengembangan satelit mikro di Indonesia, dan pada inovasi komponen struktur dan desain sistem. Kami mengembangkan simulator operasi satelit mikro dan algoritma optimasi desain. Riset kami menunjukkan bahwa sangat mungkin dalam beberapa tahun kedepan, teknologi satelit mikro Indonesia digunakan untuk misi citra dengan resolusi tinggi, bahkan untuk persyaratan misinya jauh lebih sulit, seperti membawa muatan SAR.

BAB I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan terluas di dunia, dengan 5 juta km² wilayah laut seluas, dan 2 juta km² wilayah darat yang tersebar antara batas benua Asia and Australia. Hal ini membuat Indonesia sangat bergantung pada teknologi satelit untuk telekomunikasi, pemantauan wilayah, dan navigasi.

Satelit adalah perangkat yang diluncurkan ke orbit, yakni sebuah kondisi dimana posisi dan vektor kecepatannya dapat bertahan dari gravitasi Bumi. Kondisi tersebut sangat menguntungkan karena dapat ‘melihat’ permukaan Bumi dengan cakupan luas.

Pada tahun 1976, Indonesia membeli satelit telekomunikasi geostasioner pertama, Palapa-1, dari Amerika Serikat. Infrastruktur tersebut memungkinkan dilakukannya sambungan telepon dari Banda Aceh ke Jayapura, yang menjadi simbol bagi tatakelola kesatuan bangsa. Saat ini jumlah satelit telekomunikasi geostasioner Indonesia yang beroperasi menjadi 7 buah.

Pada akhir tahun 1980-an Indonesia mulai menggunakan teknologi satelit penginderaan jauh, yang dilakukan oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), untuk pemantauan sumber daya alam dan pertanian serta cuaca. Satelit yang digunakan adalah *Landsat*, milik Amerika Serikat, dan satelit cuaca geostasioner milik Cina dan Jepang. 20 tahun kemudian, jenis dan intensitas aplikasi penginderaan jauh telah berkembang ke bidang pemetaan, termasuk untuk pembuatan sertifikat tanah dan perencanaan pembangunan, untuk pemantauan kebakaran hutan dan tanaman pangan, mitigasi bencana, dan pengawasan maritim (LAPAN, 2016). Kemajuan tersebut membuat Indonesia dianggap sebagai salah satu negara yang

dijadikan rujukan untuk aplikasi penginderaan jauh di Asia Tenggara (UN ESCAP, 2023).

Masalah yang dihadapi Indonesia saat ini adalah, semua satelit telekomunikasi yang digunakan buatan negara lain. Bahkan untuk penginderaan jauh, merupakan milik negara lain. Hal ini dikarenakan tidak terdapat industri nasional yang bisa memenuhi kebutuhan satelit nasional. Sehingga pemenuhan kebutuhan satelit telekomunikasi dan penginderaan jauh berarti hilangnya devisa negara. Tentunya, industri teknologi tinggi tersebut tidak akan bisa berdiri, tanpa penguasaan teknologi nasional yang mencukupi. Untuk mengatasinya, pada tahun 2001, LAPAN membuat tim untuk menguasai teknologi pembuatan satelit. Untuk meminimalkan kebutuhan biaya, maka strategi yang digunakan ketika itu adalah dengan mengembangkan satelit mikro (Hardhienata dan Kartasasmita, 2007). Dalam tim inilah saya memulai penelitian saya tentang satelit mikro.

Orasi ini mengulas tentang inovasi teknologi satelit mikro, yang akan dapat memenuhi sebagian besar kebutuhan satelit penginderaan jauh nasional. Sehingga dengan penguasaan teknologi tersebut akan terwujud kemandirian keantariksaan dan kedaulatan nasional. Pada orasi ini akan disampaikan bagaimana teknologi satelit mikro dikembangkan, yang awalnya untuk tujuan pendidikan dan riset, lalu diadopsi oleh negara-negara yang tengah mengembangkan kemampuan antariksa nya (*Emerging Space Nation*), salah satunya Indonesia, dan akhirnya oleh industri antariksa global. Kemudian akan disampaikan tentang perkembangan teknologi kunci di satelit mikro, yakni di komponen muatan, komponen bus, desain dan integrasi dimana riset saya berkontribusi. Dari trend global yang ada, saya akan menyampaikan arah topik riset saya di masa depan. Juga akan disampaikan bagaimana kebutuhan data penginderaan jauh nasional dalam 5 hingga 10 tahun ke depan dapat dipenuhi oleh teknologi satelit mikro yang dikuasai Indonesia. Tentunya, dengan prasyarat dukungan fasilitas dan pendanaan. Saya akan menutup orasi

dengan saran terhadap kebijakan nasional agar pemenuhan teknologi antariksa nasional dapat dilakukan secara berkelanjutan, yakni dengan melibatkan industri nasional.

BAB II. PENGEMBANGAN TEKNOLOGI SISTEM SATELIT MIKRO

Sistem satelit adalah kesatuan yang terdiri dari platform satelit dan stasiun Bumi, yang mendukung operasinya. Satelit mikro adalah satelit dengan berat dibawah 150 kg dan ukuran dibawah 60x60x80 cm. Teknologi ini tumbuh terutama karena inovasi miniaturisasi komponen elektronik, dan tersedianya kesempatan untuk meluncurkan satelit dengan ukuran kecil dengan harga rendah. Pada awalnya, kesempatan peluncuran tersebut dinamakan muatan tambahan pada peluncuran satelit besar, dan ditempatkan diantara komponen elektronik roket didalam ruang muatan. Dengan berkembangnya teknologi peluncuran satelit, dimana dalam 1 peluncuran kini bisa memuat hingga 100 satelit, peluncuran satelit kecil menjadi lebih terjangkau dan sering.

A. Di Lembaga Pendidikan dan Riset

Dari latar belakangnya, setengah pelaku pengembang satelit mikro dari adalah universitas, dengan tujuan untuk sarana pendidikan dan riset. *University of Surrey* di Inggris dan TU Berlin di Jerman adalah 2 contoh dari universitas-universitas di negara maju yang mengembangkan satelit mikro untuk misi tersebut. Seri satelit mikro milik *University of Surrey*, *UoSAT-1*, mulai diluncurkan pada tahun 1981 dengan misi komunikasi amatir dan deteksi radiasi. Misi tersebut relatif sederhana karena tidak memerlukan kendali sikap yang aktif. Namun demikian, kemampuan untuk membangun komputer dan catu daya satelit yang efisien menjadi modal untuk pembangunan satelit berikutnya, diantaranya untuk misi pengamatan Bumi dengan kamera matrix di *UoSAT-4* yang diluncurkan tahun 1990, dan dengan *multispectral imager* di *UoSAT-12* yang diluncurkan tahun 1999 (Fouquet, 1997; Triharjanto, 2020).

TU Berlin meluncurkan satelit mikro pertamanya, *TUBSat-A* pada tahun 1991, juga dengan misi telekomunikasi amatir. Misi-misi selanjutnya dibuat untuk menguji subsistem kendali sikapnya yakni pada misi pengamatan bumi di *DLR-TUBSat* dan *Maroc-TUBSat*, yang diluncurkan tahun 1999 dan 2001 (Renner et al., 2003).

Pengembangan satelit mikro yang dilakukan oleh kedua universitas tersebut menginspirasi banyak universitas di dunia untuk mengembangkan teknologi satelit mikro, diantaranya *Tohoku University* di Jepang juga mengembangkan satelit *Rising*, yang diluncurkan tahun 2009, *Risesat* yang diluncurkan tahun 2012, dan *Rising-2* yang diluncurkan 2014. Moda pendidikan yang melibatkan mahasiswa pasca sarjana untuk mengembangkan satelit mikro dianggap sangat tepat dalam mempersiapkan SDM bagi industri antariksa di masa depan (Fukuda et al., 2012).

B. Di *Emerging Space Nation*

Tersedianya pendidikan teknologi satelit yang memberikan pengalaman praktek tersebut menarik negara-negara berkembang yang ingin menguasai teknologi Antariksa atau yang disebut sebagai *Emerging Space Nation*. Mereka kemudian mengirimkan SDM-nya, dan setelah kembali lalu membangun kemampuan mengembangkan teknologi antariksa di dalam negerinya.

1. Kasus Korea dan Turki

Pemerintah Korea, mengirimkan sivitas dari KAIST, ke *University of Surrey* untuk belajar membuat satelit mikro bernama *KITSAT-1* dan *KITSAT-2*, yang diluncurkan tahun 1992 dan 1993. Kedua satelit tersebut membawa muatan komunikasi amatir dan *imager* resolusi rendah. Dengan pengetahuan yang didapat, Korea kemudian mengembangkan satelit *KITSAT-3* yang diluncurkan tahun 1999.

Kemandirian Korea terhadap teknologi satelit mikro ditunjukkan dengan mengembangkan satelit mikro seri *STSAT*, yang desainnya sudah berbeda dengan satelit sebelumnya dan memiliki banyak komponen lokal (Kim et al., 1997; Park, 2009).

Turki juga belajar membuat satelit mikro dari *University of Surrey*, dengan mengirimkan sivitas dari badan riset pemerintah, TUBITAK, untuk membuat satelit *BILSat-1*, yang diluncurkan tahun 2003. Satelit tersebut membawa misi *multispectral imager* resolusi menengah, dan merupakan bagian dari konstelasi *Disaster Monitoring Constellation (DMC)-1*. Konstelasi tersebut dimiliki oleh beberapa negara yang mempunyai perjanjian *data sharing*, dan terdiri dari satelit-satelit mikro dengan desain serupa. Kemandirian teknologi satelit mikro Turki dibuktikan dengan membuat *RASAT*, satelit mikro dengan misi *multispectral imager* resolusi 7,5 m yang diluncurkan tahun 2011 (Yüksel et al., 2007).

2. Kasus Indonesia

Pada tahun 2003, melalui LAPAN, Indonesia memutuskan untuk memulai penguasaan teknologi satelit melalui pembuatan satelit mikro. Keberhasilan TU Berlin membuat Indonesia tertarik untuk belajar membuat satelit mikro di universitas tersebut. Satelit yang dikembangkan untuk membangun kapasitas SDM Indonesia dinamai *LAPAN-AI/TUBSAT*, dimana saat itu saya menjadi *lead engineer* nya, dan membawa misi pengamatan Bumi serta diluncurkan pada tahun 2007. (Triharjanto et al., 2004; Triharjanto et al., 2007).

Dengan keberhasilan peluncuran dan operasi *LAPAN-AI* (Mukhayadi et al., 2007; Triharjanto & Widipaminto, 2007), diputuskan untuk pengembangan satelit yang kedua di Indonesia. Tahap tersebut membuktikan hasil alih teknologi yang dilakukan pada pengembangan *LAPAN-AI*. Sesuai dengan tugas di bidang system engineering dan strategi, kami merencanakan tahapan pengembangan satelit mikro

nasional dimana kinerjanya terus ditingkatkan hingga satelit memenuhi persyaratan layanan penginderaan jauh (Triharjanto & Judianto, 2009). Program tersebut dimulai dengan pengembangan fasilitas manufaktur satelit kelas mikro di Bogor, dan fasilitas pendukungnya secara kolaborasi di BPPT dan LIPI (Triharjanto & Budiantoro, 2011). Fasilitas tersebut telah menghasilkan *LAPAN-A2/ORARI* pada tahun 2012, yang diluncurkan tahun 2015, dan menghasilkan *LAPAN-A3/IPB* pada tahun 2016, yang diluncurkan di tahun yang sama. Yang berbeda dengan satelit sebelumnya, satelit *LAPAN-A2* didesain untuk pemantauan bagi negara maritim khatulistiwa (Hardhienata et al., 2011; Triharjanto, 2012), dan satelit *LAPAN-A3* didesain untuk memperkuat dukungan data bagi ketahanan pangan (Raimadoya et al., 2011; Hasbi & Suhermanto, 2013).

Sejak peluncurannya pada tahun 2015 dan 2016, *LAPAN-A2* dan *LAPAN-A3* telah digunakan untuk riset mengenai sistem operasi satelit penginderaan jauh, IoT, dan sains, seperti pemantauan dampak bencana, pemantauan tumpahan minyak di laut, pemantauan lalu-lintas kapal, pemantauan gangguan pada medan magnet Bumi (Hasbi, 2019; Khamsah, 2019). Kedua satelit tersebut juga digunakan untuk penelitian mengenai kinerja komponen satelit di antariksa, diantaranya *star sensors*, kamera RGB, *multispectral imager*, kamera *infrared*, dll. Keberhasilan operasi kedua satelit tersebut menunjukkan Indonesia telah berhasil menguasai teknologi satelit orbit rendah untuk misi pengamatan Bumi, dan *IoT* (Karim et al., 2018; Harsono & Ardinal, 2018; Utama et al., 2018).

Satelit *LAPAN-A4* di desain dengan *swath* dan resolusi citra penginderaan jauh yang lebih tinggi, serta dilengkapi sistem propulsi untuk menjaga kualitas iluminasi citra selama operasinya. Selain itu *LAPAN-A4* juga dilengkapi misi sains yakni pengukuran medan magnet Bumi untuk mendeteksi pengaruh aktivitas matahari dan gerakan tektonik (Triharjanto et al., 2014; Saifudin et al., 2018). Kami juga mengembangkan konsep satelit mikro bersama dengan *Chiba*

University, Jepang, untuk membawa muatan *Synthetic Aperture Radar* (SAR). yang sangat diperlukan oleh Indonesia sebagai negara maritim dan tropis (Triharjanto & Sri Sumantyo, 2013; Triharjanto et al., 2018). Namun, pengembangan satelit *LAPAN-A4* mengalami penundaan karena pandemi, sehingga belum siap untuk diluncurkan pada tahun 2020 seperti direncanakan (Saifudin, 2018). Juga dengan pengembangan satelit mikro *SAR*, *LAPAN-A5*, mengalami penundaan karena hambatan dalam pendanaan untuk mewujudkan *flight model* muatan *SAR*.

3. Kasus negara ASEAN lain

Malaysia, Singapura, dan Thailand memulai program pengusahaan teknologi satelitnya tahun 1995 dengan membangun satelit mikro di University of Surrey, Inggris. Untuk membuktikan pengusasan teknologi tersebut, Singapura lalu melanjutkan dengan membangun satelit mikro XSat di Nanyang Technology University pada tahun 2009. Vietnam memulai program pengusahaan teknologi satelit tahun 2011 dengan membuat satelit VNRedSat-1 di Airbus, Perancis. Sementara Filipina memulai program pengusahaan teknologi satelit membuat satelit Diwata-1 di Tohoku University, Jepang, pada tahun 2014. (Triharjanto, 2018)

C. Di Industri Antariksa

Industri satelit melihat satelit mikro yang berbiaya murah sebagai kesempatan untuk menghemat biaya investasi. Prospek komersial dari satelit mikro pertama-tama diminati oleh startup karena dengan pemodalannya yang terbatas dapat menyediakan layanan berbasis satelit. Beberapa *start-up* tersebut tumbuh dari universitas. Salah satunya adalah SSTL (*Surrey Satellite Technology Limited*) yang didirikan oleh civitas dari *University of Surrey*. SSTL membuat konstelasi satelit mikro penginderaan jauh DMC dengan kolaborasi dengan beberapa

Emerging Space Nation yang mendapatkan transfer teknologi dari *University of Surrey*. Konstelasi satelit tersebut diorbitkan dengan 2 kali peluncuran tahun 2002-2003. Muatan utamanya adalah *3-band multispectral imager* dengan resolusi 30 m, dan *swath* 600 km. Semua satelit ditempatkan pada 1 bidang orbit SSO dengan beda fasa 90°. Dengan orbit tersebut, DMC dapat mempunyai *revisit* yang jauh lebih tinggi dari satelit *Landsat* (Boland et al., 2005).

Konsep konstelasi satelit mikro penginderaan jauh dengan kemampuan *revisit* yang tinggi tersebut kemudian dikembangkan oleh perusahaan Jerman *Kayser-Threde* yang meluncurkan konstelasi 11 satelit mikro pada tahun 2008. Satelit tersebut mempunyai muatan *multispectral imager* dengan resolusi 6 m dan *swath* 77 km (Gebbie et al., 2009).

Start-up lain yang mengembangkan satelit mikro penginderaan jauh adalah *Terra Bella*, dari Amerika Serikat. Perusahaan tersebut membuat konstelasi *Skysat*, dengan muatan kamera *matrix RGB*, yang dapat memberikan citra dengan resolusi 1 m dan *swath* 6 km. Pemilihan kamera tersebut dikarenakan misi *Skysat* adalah membuat video dengan sikap *off-nadir*. *Skysat* mempunyai dimensi 60x60x95 cm dan berat 83 kg. *Skysat* mempunyai antena parabola untuk *downlink* yang memiliki kecepatan hingga 450 Mbps. Dengan catu daya dan data *storage* yang dimiliki, *Skysat* dapat membuat hingga 4000 km² per hari. (Perry, 2013).

Pada tahun 2015, perusahaan penyedia jasa penginderaan jauh dari Amerika, *Planets*, membeli konstelasi *RapidEye*, dan pada tahun 2017, membeli konstelasi *Skysat* (Foust, 2017). *Planets* kemudian menjadi penyedia jasa pemantauan bencana, informasi pertahanan-keamanan, dan aplikasi penginderaan jauh yang memerlukan informasi secara cepat lainnya.

ICEYE, *start-up* dari Finlandia, adalah yang pertama mengembangkan konstelasi satelit mikro penginderaan jauh dengan muatan SAR. Desain satelit dan teknologi muatan SAR merupakan keunggulan, karena satelit mikro sangat terbatas daya listrik dan dimensinya. Saat diluncurkan satelit *ICEYE* mempunyai dimensi 50x60x70 cm, sementara saat di orbit 4 panel surya dan 4 panel antena *phase array* dibentangkan hingga panjang 320 cm. Selain itu juga dibentangkan tiang yang membawa *antenna downlink* pada ujungnya. Dengan 4 panel surya, subsistem daya *ICEYE* dapat memberikan maksimum 345 W. Resolusi citra SAR yang dihasilkan *ICEYE* dari ketinggian orbit 560 km adalah antara 20 hingga 1 meter (*ICEYE*, 2018) (eoportal, 2025).

Untuk misi komunikasi data (M2M), salah satu *start-up* yang mengembangkan konstelasi satelit mikro adalah perusahaan Amerika bernama *Spire*. Mereka mengembangkan konstelasi satelit 6U (20x10x30 cm) LEMUR (*Low Earth Multi-Use Receiver*), yang kemudian berkembang menjadi lebih dari 100 satelit. Satelit tersebut mempunyai misi penerima AIS, ADS-B, dan GPS *occultation*. *Spire* kemudian menjual jasa informasi pemantauan lalu lintas maritim, lalu lintas penerbangan, dan karakteristik atmosfer (Caleb, 2014; Etherington, 2021).

BAB III. INOVASI KOMPONEN DAN DESAIN SATELIT MIKRO NASIONAL DAN STRATEGI PENGEMBANGANNYA

Perkembangan teknologi satelit secara sistem, diantaranya ditentukan oleh perkembangan teknologi komponen dan teknologi desainnya. Pada dua dasawarsa di awal abad ini, teknologi komponen dan desain satelit mikro berkembang dengan sangat pesat, dimana diantaranya diserap oleh para periset satelit di Indonesia.

A. Inovasi Komponen Muatan Satelit Mikro

Untuk misi penginderaan jauh dengan muatan optik misalnya, resolusi citra meningkat sangat pesat semenjak satelit mikro LAPAN-A1 yang dibuat tahun 2004 (diluncurkan tahun 2007) ke konstelasi *Skysat* yang diluncurkan tahun 2013-2020. LAPAN-A1 menggunakan lensa fotografi Nikor dengan panjang fokus 1 m dan aperture 10 cm, sehingga dengan piksel sensor matrix ukuran 9 μm , dihasilkan citra dengan resolusi 5 m (Widipaminto, 2007). Sementara *Skysat* digunakan lensa *Ritchey-Chrétien Cassegrain* dengan panjang fokus 3,6 m dan aperture 60 cm. Lensa yang dibuat khusus tersebut mempunyai dinding komposit karbon sehingga stabil terhadap perubahan suhu. Sehingga dengan sensor matrix dengan ukuran piksel 6 μm , dapat dihasilkan citra dengan resolusi 1 m. (Jacobsen, 2022). Dalam waktu dekat, lensa dengan aperture besar dan dinding komposit, dan sensor dengan ukuran pixel juga dapat tersedia bagi pengembang satelit di Indonesia.

Teknologi kunci yang diperlukan untuk membuat muatan SAR bagi satelit mikro adalah miniaturisasi *signal generator*, *amplifier*, *transmitter*, dan *antenna*. Selain oleh ICEYE, teknologi tersebut juga dikembangkan oleh *Keio University* dan *University of Tokyo* (Saito et al., 2021), dan oleh kami, bekerjasama dengan *Chiba University*

(Sumantyo et al., 2013; Triharjanto et al., 2018). Dengan daya yang terbatas, tantangan bagi desain antena SAR yang ukurannya besar adalah melipatnya saat peluncuran, agar memenuhi batasan volume bagi peluncuran satelit mikro. Pada satelit mikro yang dikembangkan oleh *Keio University* dan *University of Tokyo*, antena SAR yang dipilih berupa panel dengan *slot array*. 7 panel antena dibentangkan saat satelit berada di orbit, dan daya RF yang dihantarkan ke setiap panel melalui *waveguide*. Pada desain tersebut, dengan ukuran antena 2,8 x 7 m, pada frekuensi *X-band*, didapat resolusi terbaik 0,5 m. Pada satelit mikro kami kembangkan, antena SAR yang digunakan adalah *Casegrain* dengan diameter reflektor utama 3,6 m dan terbuat *wire mesh*. Saat peluncuran, antena tersebut dilipat sehingga muat dalam volume silinder berdiameter 30 cm dan tinggi 70 cm. Pada desain kami frekuensi merupakan parameter yg dapat di variasikan dengan *trade-off* daya *transmitter* dan konfigurasi signal generator. Muatan SAR yang kami kembangkan belum masuk kualifikasi antariksa, namun, jika program tersebut dilanjutkan, maka Indonesia juga akan dapat mandiri dalam membuat satelit mikro dengan muatan SAR.

Muatan komunikasi pada satelit mikro adalah modem *transceiver* di frekuensi UHF dan VHF, untuk berbagai aplikasi. Diantaranya untuk komunikasi suara dan text di frekwensi amatir, seperti pada satelit mikro *UoSAT-2* (Ward and Price, 1987), *LAPAN-A2* (Hardhienata et al., 2011), dan *Diwata-2* (Gonzalez et al., 2020). Misi suara digunakan untuk bantuan komunikasi saat bencana, radio amatir, dan edukasi. Misi *text* umumnya untuk pengumpulan data dari perangkat yang bergerak atau di wilayah terpencil (kawah gunung berapi, *buoy*, dll), dimana persyaratan dari sisi penerima adalah daya radio yang rendah dan antena *omnidirectional*.

Muatan komunikasi pada satelit mikro lainnya adalah penerima AIS, untuk aplikasi pemantauan kapal laut, dan penerima ADS-B untuk pemantauan pesawat terbang. Misi ini diantaranya dilakukan oleh satelit *LAPAN-A2* dan *LAPAN-A3* (Karim, 2018), dan *AprizeSat-3*

(Lorenzini et al., 2010). Masalah pada generasi awal misi AIS di satelit adalah terjadinya *message collision*, yaitu data yang dikirim oleh lebih dari satu kapal tiba di satelit dalam waktu yang hampir bersamaan, sehingga hanya 1 data yang diterima utuh atau bahkan semuanya terpotong. teknologi TDMA. Pada operasi AIS *LAPAN-A2* dan *LAPAN-A3*, masalah tersebut umum terjadi di sekitar Selat Malaka dan Laut Cina Selatan karena padatnya lalu lintas kapal. Untuk memperbaikinya, pada satelit *LAPAN-A4* digunakan AIS generasi ke-4 dari *Kongsberg* yang menggunakan 2 antena dan algoritma *de-collision* (Saifudin et al., 2018).

B. Inovasi Komponen Bus Satelit Mikro

Kebutuhan untuk membawa muatan yang lebih besar, dengan kebutuhan daya dan kapasitas data yang lebih tinggi membuat komponen bus satelit mikro harus menjadi lebih kecil atau dengan ukuran yang sama namun kinerjanya lebih tinggi. Hal tersebut yang menjadi fokus riset kami terkait komponen satelit mikro. Pada satelit mikro dengan misi penginderaan jauh, komponen bus yang diperlukan adalah subsistem catu daya, yakni baterai, panel surya, sirkuit untuk distribusi daya dan pengisian baterai; subsistem telemetri dan komando, yakni radio, antena, modem; subsistem kendali sikap, yang terdiri dari pengukur laju rotasi (*gyro*), sensor matahari, sensor bumi, dan sensor bintang, serta aktuator rotasi yang berupa *reaction wheel*, dan *magneto-torquer*; dan subsistem komputer, yang terdiri dari komputer utama dan pengolah data muatan. Jika satelit mikro tersebut akan diluncurkan ke SSO sehingga perlu melakukan koreksi orbit, maka akan diperlukan subsistem propulsi berupa *thruster* dan tanki bahan bakarnya.

Perkembangan teknologi baterai dan sel surya memungkinkan dikembangkan bus satelit mikro dengan kemampuan daya yang lebih besar. Pada generasi awal satelit mikro seperti *LAPAN-A1* dan *KITSAT-3* digunakan baterai NiH₂ dan Ni-Cd. Generasi selanjutnya seperti satelit mikro *LAPAN-A3* dan *STSAT-3* menggunakan baterai Li-ion dan Li-polymer yang rasio daya terhadap berat dan volumenya lebih tinggi (Triharjanto and Hakim, 2017; Triharjanto, 2020). *DLR-TUBSAT* dan *LAPAN-TUBSAT* menggunakan panel surya berbasis Silicium, yang efisiensi dayanya paling rendah namun menjadi pilihan saat biaya terbatas. Dengan semakin komplek misi satelit yang dilakukan, kebutuhan daya meningkat sehingga di generasi *LAPAN-A3* dan *STSAT-3* digunakan solar panel Ga-As yang lebih tinggi efisiensinya (Triharjanto, 2020).

Terdapat 2 jenis komputer pada satelit mikro penginderaan jauh. Jenis pertama adalah komputer utama, untuk melakukan menjalankan perintah operasi dari Bumi dan memantau kesehatan satelit, yang umumnya menggunakan *micro-controller* standar industri, seperti seri *Atmega*, atau menggunakan mikroprosesor seperti intel 386 atau PowerPC 823. Pilihan *micro-controller* diantaranya dilakukan di seri satelit *TUBSAT* dan seri satelit *LAPAN* (Widipaminto, 2007; Triharjanto, 2020), sementara pilihan *micro-processor* diimplementasikan di satelit mikro milik *Surrey University*, dan KAIST (Lee et al., 1993; Sweeting et al., 2006) dan di satelit mikro *BIRD* milik DLR (Brieß, 2005). Jenis kedua adalah komputer pengolah data muatan, sebelum dikirim ke Bumi. Satelit mikro yang saat ini ada menggunakan FPGA seri *Xilinx* dan *Altera*, seperti pada satelit mikro *LAPAN-A3*, *A4/NEO-1*, *BILSAT*, *RASAT*, dan seri *STSAT* (Triharjanto and Hakim, 2017; Triharjanto, 2020). Trend ke depan bagi satelit penginderaan jauh adalah mengolah data dengan AI, sehingga meminimalkan jumlah data yang harus disimpan dan dikirim ke Bumi. Misalnya citra dengan banyak awan atau rusak, bisa langsung dihapus. Satelit mikro SpIRIT milik Australia misalnya, telah menggunakan NVIDIA

Jetson Nano sebagai pengolah data (Del Castillo et al., 2024). Hal ini juga akan menjadi salah satu topik riset di satelit BRIN selanjutnya. Pada subsistem komputer, peningkatan kapasitas komputer tersebut tidak banyak berdampak pada berat, dimensi, konsumsi daya, maupun emisi panasnya.

Riset subsistem kendali sikap satelit mikro di Indonesia dilakukan untuk meminimalkan komponen yang harus diimpor. LAPAN mengembangkan *star sensor* yang berbasis sensor CCD, yang pertama kali digunakan di LAPAN-A3 (Triharjanto and Hakim, 2017; Saifudin, 2019), dan mengembangkan *reaction wheel*, yang telah digunakan di satelit LAPAN-2, dan di LAPAN-A3 dengan tambahan *magnetic shielding* (Triharjanto, 2013; Utama et al, 2024). Kedua komponen ini telah beroperasi selama 9 tahun dengan sangat handal.

Kami memulai riset komponen struktur satelit mikro saat mengembangkan LAPAN-A1, dengan mendesain dan mengujinya, sehingga layak untuk diluncurkan (Triharjanto, 2006)(Triharjanto and Husain, 2011). Struktur berfungsi untuk menjadi tempat bagi komponen satelit lainnya, dan memastikan keselamatannya saat peluncuran. Riset struktur satelit kami berlanjut saat pengembangan LAPAN-A2, yang harus lebih rumit untuk mengakomodasi misi yang kompleks (Husain dan Triharjanto, 2013). Karena konsumsi daya yang lebih tinggi, satelit A5 memerlukan solar panel yang dibentangkan dan, untuk menghemat berat, ditempatkan pada struktur komposit. Sehingga riset struktur kami kemudian fokus pada pemodelan material tersebut (Triharjanto dan Budiantoro, 2018). Di masa datang, misi satelit mikro akan lebih kompleks, sehingga riset struktur harus mengarah pada pembuatan dan penggunaan material khusus yang lebih ringan namun akan tetap bisa menjaga keselamatan komponen satelit lainnya secara optimal.

C. Inovasi Desain Satelit Satelit Mikro

Teknologi desain satelit mikro juga mengalami perkembangan yang pesat. Pada awal pengembangannya desain satelit mikro dilakukan dengan sederhana, karena terbatasnya parameter yang bisa divariasikan. Parameter kinerja di tingkat sistem, seperti resolusi citra dan jumlah area yang bisa dipetakan per hari, dibatasi oleh kapasitas komponen kamera dan lensa, kompoenan catu daya, transmisi data, dan kendali sikap yang tersedia. Sehingga desain satelit dilakukan secara manual, umumnya menggunakan *spreadsheet* untuk melakukan *trade-off*.

Perkembangan teknologi komponen dan bertambahnya ekosistem pengembang memungkinkan desain satelit mikro menjadi lebih bervariasi. Sehingga pencarian desain terbaik dengan algoritma optimasi mulai diterapkan, seperti yang dilakukan pada desain satelit besar. Pada tahun 2013, kami mulai mengembangkan algoritma pencari konfigurasi optimal satelit mikro pengamat Bumi menggunakan metoda stokastik, untuk mendapatkan kinerja resolusi dan lebar citra terbaik (Triharjanto et al., 2014).

Bertambahnya variasi dan kompleksitas desain juga membuat penggunaan simulator dalam desain satelit mikro menjadi sangat relevan. Kami mengembangkan perangkat lunak yang mensimulasikan reaksi sikap dari satelit mikro, yang mempunyai *reaction wheel* pada *3-axis* (Triharjanto et al., 2015). Simulator tersebut dapat memvariasikan inersia satelit dan *reaction wheel*, termasuk kapasitas dari motor DC, stabilitas sensor *gyro*, dan algoritma kendali yang dimilikinya.

Selanjutnya kami mengembangkan simulator satelit mikro yang memodelkan konsumsi daya yang digunakan oleh sistem kendali sikap (Triharjanto et al., 2016A). Sehingga dapat melihat efektifitas dari berbagai moda manuver dan hibernasi. Untuk mengantisipasi kebutuhan catu daya yang lebih besar, seperti untuk satelit mikro dengan muatan SAR, simulator dikembangkan lebih lanjut dengan

konfigurasi panel surya yang dibentangkan (Triharjanto et al., 2016B). Hal tersebut membuat moda hibernasi berbeda dari konfigurasi sebelumnya, dimana tetap memerlukan sikap satelit yang menghadap matahari. Sehingga kendati produksi daya listrik naik, juga terdapat kenaikan pada konsumsinya. Riset selanjutnya yang akan dilakukan adalah melibatkan beberapa hardware dalam simulator, seperti simulasi akan lebih akurat. Juga akan mengintegrasikan simulator dengan optimasi desain yang menggunakan metoda stokastik.

Hal lain yang menjadi perhatian adalah mengenai dinamika suhu di satelit mikro saat beroperasi di orbit. Satelit mendapatkan panas dari beroperasinya komponen elektronika dan sinar matahari, dan dapat membuangnya ke sisi yang tidak terkena sinar matahari. Pada satelit LAPAN-A1 hingga A3, struktur yang terbuat dari logam pejal mempunyai kapasitas termal yang tinggi untuk menyerap dan mendistribusikan panas, sehingga seluruh komponen elektronika dapat bekerja dengan baik. Dengan semakin banyaknya jumlah komponen satelit dan beragamnya jenis material pada struktur, pemodelan kapasitas termal dengan akurasi tinggi dengan *1st principle* menjadi sulit. Sehingga kami merintis pemodelan dengan *machine learning*, dengan menggunakan data operasi satelit LAPAN-A3 (Sutardi et al, 2022). Model termal tersebut masih menggunakan *training data* dan validasi yang sangat terbatas. Sehingga di masa depan riset kami akan memperbanyak data yang digunakan, bahkan menggunakan data satelit A2, agar model menjadi lebih akurat.

D. Kajian Strategi Satelit Nasional

Kebutuhan satelit bagi penyelenggaraan penginderaan jauh nasional diacu dari lampiran Perpres No. 45/2017 tentang Rencana Induk Keantariksaan. Pada tahun 2020, kami melakukan analisa atas pelaksanaan pengembangan satelit (Pratisha & Triharjanto, 2020), dimana disimpulkan akan terjadi penundaan pada ketercapaian

pengembangan satelit penginderaan jauh operasional, karena infrastruktur yang diperlukan belum bisa terwujud pada tahap sebelumnya. Selanjutnya kami membuat strategi rinci pemenuhan target pengembangan satelit operasional, menggunakan spesifikasi sesuai lampiran Perpres 45/2017, yakni optik resolusi *pachomatric* 2,5 m dan *multispectral* 10 m serta SAR dengan *revisit* harian (Triharjanto dan Andiarti, 2020). Perencanaan tersebut dibuat dengan asumsi berkelanjutannya akan melibatkan industri nasional, dan dengan asumsi teknologi yang tersedia pada industri global tahun 2018. Disimpulkan bahwa misi inderaja dengan muatan *multispectral* resolusi 2,5 m akan dapat dilayani oleh satelit besar dengan berat sekitar 600 kg; sementara misi SAR dengan resolusi 10 m dan lebar citra 100 km akan dapat dilayani oleh satelit dengan berat sekitar 500 kg. Juga disimpulkan bahwa tahapan tersebut akan membutuhkan waktu 5 tahun dan biaya sekitar 500 juta USD, termasuk pengembangan SDM dan infrastruktur untuk pengembangan satelit kelas 1.000 kg di Indonesia, yang akan menjamin keberlanjutan dari sistem.

Dalam riset tentang valuasi layanan penginderaan jauh LAPAN, Diana et al. (2019) menemukan bahwa dari tahun 2015 hingga 2018, volume penggunaan citra satelit optik resolusi tinggi, atau hingga 2 m, jauh melampaui penggunaan citra satelit resolusi menengah atau 20 m, dan resolusi sangat tinggi atau dibawah 1 m. Kajian penggunaan data yang dilakukan oleh Deinderaja (2021) menunjukkan bahwa setelah tahun 2017, terjadi kenaikan tinggi di penggunaan citra satelit resolusi sangat tinggi, untuk untuk pembuatan peta skala rinci. Pada tahun 2019, BIG menyampaikan bahwa capaian peta skala rinci baru 2% wilayah Indonesia, dan selain perlu dilengkapi juga perlu diperbaharui secara periodik (BIG, 2023). Kajian tersebut menunjukkan bahwa satelit penginderaan jauh dengan resolusi 2 m masih sangat relevan bagi Indonesia hingga 5-10 tahun ke depan, dan dalam 5 tahun ke depan akan bertambah kebutuhan citra resolusi dibawah 1 m.

Kebutuhan nasional untuk satelit SAR, masih sama dengan kajian yang dilakukan saat formulasi Pepres 45/2017 hingga beberapa tahun kedepan, sesuai data penggunaan satelit yang dilakukan Kementerian Kelautan dan Perikanan (Taufiq, 2020).

BAB IV. KONTRIBUSI DAN ARAH RISET SATELIT MIKRO KE DEPAN

Kontribusi kami dalam penguasaan teknologi satelit mikro adalah dengan merintis pengembangan satelit mikro di Indonesia, dan pada inovasi komponen struktur dan desain sistem. Karena tuntutan misi satelit yang lebih kompleks, kami mengembangkan simulator operasi satelit mikro dan algoritma optimasi desain. Riset tersebut menunjukkan bahwa sangat mungkin dalam beberapa tahun kedepan, teknologi satelit mikro Indonesia digunakan untuk misi citra dengan resolusi tinggi, bahkan untuk persyaratan misinya jauh lebih sulit, seperti membawa muatan SAR.

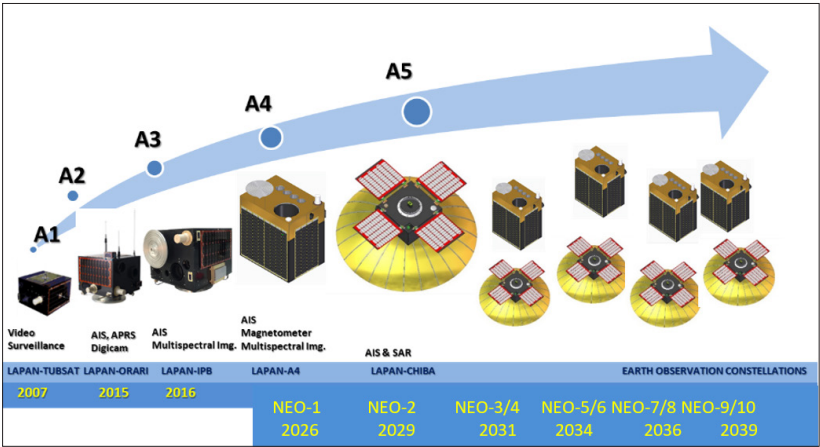
Di masa depan penelitian kami akan mengarah ke pengembangan simulator yang melibatkan perangkat keras sehingga akurasinya lebih baik, pengembangan material yang memungkinkan struktur satelit yang lebih ringan namun dengan tetap mampu melindungi komponen elektronik yang sensitif, dan mengembangkan lebih jauh model termal satelit dengan machine learning.

BAB V. PROSPEK SATELIT MIKRO BAGI KEBUTUHAN PENGINDERAAN JAUH NASIONAL

Kendati infrastruktur yang diperlukan untuk membuat satelit besar tidak tersedia, namun dengan kemampuan pengembangan satelit mikro di Indonesia sudah baik, maka kebutuhan penginderaan jauh nasional hingga 5-10 tahun ke depan dapat dipenuhi secara mandiri. Kesimpulan ini berdasarkan analisis pada 3 misi yang mengacu pada kebutuhan nasional yakni satelit SAR dengan orbit inklinasi rendah, serta satelit optik dengan resolusi tinggi dan sangat tinggi, serta dengan batasan fasilitas dan SDM yang ada di BRIN. Kebutuhan satelit optik resolusi tinggi direncanakan untuk dipenuhi dengan menggunakan bus satelit mikro A4/NEO-1. Untuk mencapai resolusi tersebut, muatan akan menggunakan lensa dengan panjang fokus dan *aperture* yang lebih besar dan CCD dengan ukuran pixel lebih kecil. Dengan tersedianya desain awal *LAPAN-A5/ChibaSat* (Triharjanto et al., 2018) dan *Engineering Model* dari muatan SAR satelit mikro tersebut (Urata et al., 2019), sangat mungkin teknologi satelit mikro dengan muatan SAR dapat dikuasai BRIN pada beberapa tahun mendatang. Tersedianya peluncuran satelit kelas 300 kg ke inklinasi rendah, seperti SSLV milik ISRO (ISRO, 2023) menjadi solusi untuk pemenuhan kebutuhan penempatan satelit mikro SAR di orbit dekat katulistiwa agar mempunyai *revisit* yang tinggi.

Sehingga kami mengkonsepkan pengembangan konstelasi satelit yang dimulai dengan peluncuran A4/NEO-1 tahun 2026. Seperti pada gambar 1, satelit mikro SAR yang pertama akan diluncurkan tahun 2029 dan satelit mikro resolusi tinggi pertama diluncurkan tahun 2031, bersamaan dengan satelit SAR yang ke 2. Seperti ditulis pada tabel 1, satelit mikro SAR akan mempunyai *scan mode* dengan resolusi 10 m, *swath* 50 km, dan satelit mikro optik akan mempunyai resolusi 2 m dengan *swath* 50 km, serta akan mampu menghasilkan 1 juta km² citra

dalam 1 hari. Karena berada di orbit polar, citranya akan juga dapat digunakan bagi pengguna global. Konsep pengembangan inilah yang menjadi kontribusi kami untuk program satelit nasional.



Gambar 5.1 Proyeksi jadwal peluncuran satelit mikro untuk pemenuhan kebutuhan penginderaan jauh nasional

Dengan asumsi satelit mempunyai jaminan operasi selama 5 tahun, maka satelit penggantinya, yang akan disiapkan oleh industri nasional dan menggunakan kekayaan intelektual dan fasilitas BRIN, akan siap diluncurkan tahun 2034, 2036, dan 2039. Satelit mikro resolusi sangat tinggi akan masuk dalam jadwal tersebut saat rantai pasok untuk lensa dan sensor yang memenuhi siap.

Dengan asumsi SDM dan fasilitas pengembangan satelit yang ada di BRIN saat ini, perkiraan biaya pengembangan 3 satelit mikro pertama oleh BRIN selama 5 tahun, termasuk peluncurannya, adalah sekitar Rp. 550 M. Hal ini jauh lebih rendah dibandingkan skenario

yang dibuat sebelumnya, yakni menggunakan satelit besar dari mitra global.

Tabel 5.1 Spesifikasi 2 satelit mikro pertama untuk pemenuhan kebutuhan nasional

	2 SAR inklinasi 10o	1 Optik HR SSO
Kinerja	● Resolusi 10 m ● Min. Swath 50 km ● Duty cycle 5%; umur 5 tahun ● Melintas 14x sehari wilayah Indonesia. 1x sehari wilayah yang sama	● Resolusi 2 m ● Swath 50 km ● Kapasitas pencitra 1 jt km2 per hari; Umur 5 tahun ● Kapasitas berlebih dapat dibagi-pakai dengan penyedia internasional
Aplikasi	Illegal fishing, maritime pollution, mitigasi bencana, DEM	Pertanian, kehutanan, pemetaan skala 1:50000
Pelaksana	BRIN & Industri	
Biaya	550 M (5 tahun) *asumsi 1 USD = Rp. 15000	

Keberlanjutan pemenuhan satelit di 5 tahun berikutnya, dapat dilakukan oleh industri nasional karena *technology readiness level* nya sudah diatas 8. Hal ini senada dengan kajian dilakukan oleh Judianto dkk (2018), yang menyimpulkan bahwa industri satelit mikro mungkin dikembangkan di Indonesia, dengan dukungan pemerintah untuk mengurangi *barrier-to-entry* nya.

BAB VI. KESIMPULAN DAN IMPLEMENTASI KEBIJAKAN

Majelis Pengukuhan dan hadirin yang saya hormati.

Teknologi satelit mikro telah berkembang sangat pesat, yang diawali dengan kemajuan teknologi mikro-elektronika, dan tersedianya kesempatan peluncuran sebagai muatan tambahan. Pengembangan yang awal mulanya dilakukan oleh universitas kini telah menjadi bagian dari industri satelit global dan menjadi kunci kemandirian keantariksaan bagi *Emerging Space Countries*, termasuk Indonesia.

Penelitian kami menunjukkan bahwa dengan dikuasainya teknologi satelit mikro oleh Indonesia, sebagian besar kebutuhan satelit penginderaan jauh nasional akan dapat dipenuhi dengan biaya yang terjangkau. Dengan dukungan pemerintah dan bekerjasama dengan pihak swasta, penguasaan teknologi tersebut juga akan memungkinkan terwujudnya industri satelit nasional.

Untuk mewujudkan hal tersebut, diperlukan dukungan kebijakan yang dapat menjamin berkelanjutan ekosistem riset dan industri nasional. Diantaranya dengan pendanaan bagi fasilitas dan pembinaan SDM yang konsisten, serta pengelolaan layanan data dan informasi penginderaan jauh nasional, sehingga proses hilirisasinya terjamin.

BAB VII. PENUTUP

Di era informasi, kemandirian nasional di data dan informasi penginderaan jauh, merupakan salah satu kunci kedaulatan bangsa dan kemajuan ekonomi. Dengan kemampuan pengembangan satelit mikro yang kini dikuasai, Indonesia dapat menjadi pelaku aktif dalam menjadi rantai pasok teknologi satelit mikro global.

Indonesia merupakan negara yang pertama menggunakan satelit telekomunikasi di ASEAN. Juga negara pertama yang mempunyai badan antariksa, yang menjadi motor penggerak bagi digunakannya teknologi satelit penginderaan jauh. Hal ini membuat Indonesia menjadi yang terdepan di ASEAN untuk pengolah data penginderaan jauh, dan menjadi rujukan bagi berbagai aplikasi tekmati. Kepemimpinan ini perlu dilanjutkan dengan membangun indsutri satelit dan industri antariksa lainnya, sehingga Indonesia dapat masuk ke era *Space Economy* sesuai amanat RPJP 2045. Kemandiaan teknologi antariksa, yang berlanjut menjadi industri antariksa, akan menciptakan lapangan kerja bernilai tambah tinggi, yang dapat membawa Indonesia keluar dari *middle income trap*, dan menjadi modal bagi terwujudnya Indonesia Emas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji Tuhan atas segala berkat diberikan sehingga naskah orasi ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik. Semoga dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang teknologi satelit mikro. Dalam kesempatan kali ini tak lupa terima kasih diucapkan untuk Presiden Republik Indonesia, Bapak Prabowo Subianto dan Presiden Republik Indonesia ke-7 Bapak Ir. Joko Widodo atas amanat dan penugasan saya sebagai Peneliti Ahli Utama di BRIN; Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional, Prof. Dr. Arif Satria; Wakil Kepala BRIN, Prof. Dr. Ir. Amarulla Octavian, S.T., M.Sc.; Ketua Majelis Pengukuhan Profesor Riset BRIN, Prof. Ir. Wimpie Agoeng Noegroho Aspar, MSCE., Ph.D.; Sekretaris Majelis Profesor Riset, Prof. Dr. Ir. Zainal Arifin, M.Sc. dan Tim Penelaah Naskah Orasi Ilmiah, Prof. Dr.-Ing. Soewarto Hardhienata, Prof. Dr. Ir. Erna Sri Adiningsih, M.Si., dan Prof. Dr. Ir. Budi Heri Wibowo, M.T., terima kasih atas arahan dan bimbingannya.

Terima kasih kepada Sekretaris Utama BRIN, Nur Tri Aries Suestiningtyas, S.IP., M.A.; Kepala Biro Organisasi dan Sumber Daya Manusia BRIN, Ratih Retno Wulandari, S.Sos., M.Si., dan Panitia Pelaksana Orasi Pengukuhan Profesor Riset.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan ORPA BRIN, Dr. Wahyudi Hasbi dan rekan-rekan dari PRTS, Dr. Arif Nur Hakim dan rekan-rekan dari PRTR, Dr. Fadilah Hasim dan rekan-rekan dari PRTP, dan Dr. Emanuel Sungging Mumpuni dan rekan-rekan dari PRA, dan seluruh tim administrasi ORPA untuk bantuan dan dukungannya selama ini.

Saya menghaturkan terima kasih kepada kedua orangtua, almarhum bapak Albertus Rismanto dan ibu Catarina Sugiarti yang

telah membimbing, mendidik, dan memberikan doa atas pencapaian saya selama ini. Untuk almarhum istriku, Susiana Palupi, dan anak-anakku Brigitta Maria Pramesti dan Gregorius Rio Wibisono, terima kasih atas kesabaran, dukungan, dan doanya untuk saya dalam meniti karir sebagai peneliti. Untuk kakak-kakakku, bapak Ignatius Diyatno dan Dr. Anastasia Prima Kristiarti, Dr. Joko Dewanto dan ibu Bernadeta Linda Dwiastuti, Dr. Yuli Sartono dan ibu Lusi, bapak Makarius Subandri dan ibu Yuni Astuti. Untuk rekan-rekan terkasih, ibu Nancy Pucca, prof. Hari Muhammad dan rekan2 Teknik Dirgantara ITB, Prof. Joga dan rekan2 LEN, pak Adiwoso dan rekan2 PSN, Dr. Gita Amperiawan dan rekan2 DI, Prof. Sigit Santosa dan rekan2 Pindad, Dr. Aggoro dan rekan2 Telkomsat, Prof. Heru Susetyo dan rekan2 SD santo yusuf bandung, Dr. Deni Setiawan dan rekan2 SMA 3 bandung, rekan-rekan alumni LAPAN, rekan-rekan Universitas Pertahanan, terima kasih atas dukungan dan doanya.

Terakhir diucapkan terima kasih kepada semua teman-teman yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- Axelspace. (2014). *Micro-satellite for Earth remote sensing: Hodoyoshi-1* [Flyer]. http://www.axelspace.com/wp-content/docs/Hodoyoshi-1_Flyer_EN.pdf
- Brieß, K., Bärwald, W., Gill, E., Kayal, H., Montenbruck, O., Montenegro, S., Halle, W., Skrbek, W., Studemund, H., Terzibaschian, T., Venus, H. (2005). Technology demonstration by the BIRD mission. *Acta Astronautica*, 56, 57–63.
- Badan Informasi Geospasial. (2023, October 26). Kepala BIG ungkap strategi percepatan pemetaan dasar skala besar dalam konferensi internasional. <https://big.go.id/news/2023/10/26/kepala-big-ungkap-strategi-percepatan-pemetaan-dasar-skala-besar-dalam-konferensi-internasional>
- Boland, L., da Silva Curiel, A., Sweeting, M., Stephens, P., Hodgson, D. (2005). Disaster Monitoring Constellation (DMC): Success based on small satellite technologies. In *Proceedings of the 19th AIAA/USU Conference on Small Satellites*.
- Caleb, H. (2014). From Silicon Valley to Singapore: Spire's ambitious remote sensing strategy. *Via Satellite*. <https://www.satellitetoday.com/technology/2014/09/25/from-silicon-valley-to-singapore-spires-ambitious-remote-sensing-strategy/>
- Diana, S.R., Hidayat, A., Rafikasari, A., Ibrahim, I.M., & Farida, F. (2019). Economic assessment of satellite remote sensing data in Indonesia: A net present value approach. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 9(1), 140–146.
- Deinderaja. (2021). Layanan data penginderaan jauh berbagai sektor s/d 2021 [Dataset].
- Del Castillo, M.O. et al. (2024). Mitigating Challenges of the Space Environment for Onboard Artificial Intelligence: Design Overview

- of the Imaging Payload on SpIRIT, Proc IEEE CVPRW, pp. 6789-6798
- Eoport.al.(2025). ICEYE-X1. <https://www.eoport.al.org/satellite-missions/iceye-x1>
- Etherington, D. (2021). Satellite constellation operator Spire Global to go public via \$1.6 billion SPAC. *TechCrunch*. <https://techcrunch.com/2021/03/01/satellite-constellation-operator-spire-global-to-go-public-via-1-6-billion-spac/>
- European Space Agency. (2007). *DMC first generation*. <https://earth.esa.int/eogateway/missions/dmc>
- Foust, J. (2017). Planet to acquire Terra Bella from Google. *SpaceNews*. <https://spacenews.com/planet-to-acquire-terra-bella-from-google/>
- Fukuda, K., Sugimura, N., Sakamoto, Y., Kuwahara, T., Yoshida, K., & Takahashi, Y. (2012). The evaluation tests of the attitude control system of the 50-kg micro satellite RISING-2. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, 10(ists28).
- Gebbie, J., Pollard, M., Kadhem, H., Boland, L., Curiel, A.S., Davies, P., Palmer, P., Steyn, J., & Tyc, G. (2009). Spacecraft constellation deployment for the RapidEye earth observation system. In *Proceedings of the 60th International Astronautical Congress* (IAC-09.B4.3.11).
- Gonzalez, A., Labrador, J.L., Mitchao, D., Talampas, M.C., Marciano, J.J., & Sakamoto, Y. (2020). Diwata-2: Earth observation microsatellite with a compact bus system, electronically tunable multispectral imager, and amateur radio communications capability. In *Proceedings of the 34th Annual Small Satellite Conference*.
- Gunter, D. (2014). *SkySat-1 and -2*. https://space.skyrocket.de/doc_sdat/skysat-1.htm
- Hardhienata, S., Kartasasmita, M. (2007), The strategy of Indonesian satellite technology development. In *LAPAN-TUBSAT: From concept to early operation* (Chap. 1). LAPAN.

- Hardhienata, S., Kartasasmita, M. (2007). The strategy of Indonesian satellite technology development. In *LAPAN-TUBSAT: First Indonesian micro-satellite* (Chap. 1). LAPAN.
- Hardhienata, S., **Triharjanto, R.H.**, & Mukhayadi, M. (2011). LAPAN-A2: Indonesian near-equatorial surveillance satellite. In *Proceedings of the 18th Asia-Pacific Regional Space Agency Forum (APRSAF)*.
- Harsono, S.D., & Ardinal, R. (2018). Komunikasi voice repeater satelit LAPAN-A2/ORARI untuk mitigasi bencana alam. In *Iptek Penerbangan dan Antariksa: Progres litbangyasa roket, satelit dan penerbangan*. IDP.
- Hasbi, W., & Suhermanto. (2013). Development of LAPAN-A3/IPB satellite: An experimental remote sensing microsatellite. In *Proceedings of the 34th Asian Conference on Remote Sensing* (pp. 1508–1515).
- Huzain, M.F., **Triharjanto, R.H.** (2013). Pengukuran karakteristik dinamika struktur satelit LAPAN-ORARI/A2. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 11(2).
- ICEYE. (2018). ICEYE successfully launches world's first SAR microsatellite and establishes Finland's first commercial satellite operations. <https://www.iceye.com/press/press-releases/iceye-successfully-launches-worlds-first-sar-microsatellite-and-establishes-finlands-first-commercial-satellite>
- Indian Space Research Organisation. (2023). *SSLV-D2/EOS-07 mission is successfully accomplished*. https://www.isro.gov.in/mission_SSLV_D2.htm
- Jacobsen, K. (2022). Mapping with SkySat images. In *Proceedings of the XXIV ISPRS Congress* (Vol. XLIII-B1-2022).
- Judianto, C.T., Maulana, A.H., Maulana, A. (2018). Development strategy of national microsatellite industry: Case study of Indonesia. *STI Policy and Management Journal*, 3(2), 145–159.

- Karim, A., Permala, R., Mukhayadi, M., Hasbi, W. (2018). LAPAN-A2 and LAPAN-A3 AIS data correction using interpolation and extrapolation method. *Indonesian Journal of Aerospace*, 16(2).
- Karim, A., Permala, R., Mukhayadi, M., Hasbi, W. (2018). Koreksi data Automatic Identification System (AIS) satelit LAPAN-A2 dan LAPAN-A3 menggunakan metode interpolasi dan ekstrapolasi. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 16(2), 159–168.
- Khamsah, N.M.N., Utama, S., Surayuda, R.H., Hakim, P.R. (2019). The development of LAPAN-A3 satellite off-nadir imaging mission. *Proc. IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES)*
- Kim, B.J., Lee, H.W., & Choi, S.D. (1997). Three-axis reaction wheel attitude control system for KITSAT-3 microsatellite. *Space Technology*, 16(5–6), 191–296.
- LAPAN, (2016). *Booklet penelitian, pengembangan, dan perekayasaan penginderaan jauh Pusfatja*. https://karya.brin.go.id/id/eprint/11315/1/booklet_Pusfatja_2016.pdf
- Lee, I., Keun-Sung, D., & Choi, S. D. (1993). Experimental multimission microsatellites: KITSAT series. In *Proceedings of the AIAA/USU Small Satellite Conference*.
- Lorenzini, D. A., & CaJacob, D. E. (2010). Rapid construction, launch, and on-orbit operation of two AIS satellites. In *Proceedings of the 8th Responsive Space Conference*.
- Mukhayadi, M., Nasser, E. N., Rahman, A., **Triharjanto, R. H.** (2007). Early operation of LAPAN-TUBSAT. In *LAPAN-TUBSAT: From concept to early operation* (Chap. 12). LAPAN.
- Mukhayadi, M., Hermadi, I., & Hardhienata, S. (2017). Layout optimization of microsatellite components using genetic algorithm. *TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering*, 15(1).
- Park, J.O., Park, H.Y., Lee, D.H., Lee, J.H., Rhee, S. W. (2009). STSAT-3 (science & technology satellite-3) satellite missions.

- In *Proceedings of the 60th International Astronautical Congress* (IAC-09.B4.2.6). Daejeon, Korea.
- Perry, T.S. (2013). Start-up profile: Skybox Imaging. *IEEE Spectrum*.
- Pratisha, B., **Triharjanto, R.H.** (2020). Evaluasi on-going Rencana Induk Penyelenggaraan Keantariksaan tahun 2016–2040. *Jurnal Kajian Kebijakan Penerbangan dan Antariksa*, 1(1).
- Raimadoya, M.A., Trisasongko, B.H., Zain, A., Hasbi, W. (2011). Analisis misi dan rancangan LAPAN-IPB Satellite (LISAT) untuk pemantauan kemandirian pangan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 16(3).
- Renner, U., Bleif, J., Roemer, S. (2003, April). The TUBSAT attitude control system: Flight experience with DLR-TUBSAT and MAROC-TUBSAT. In *Proceedings of the 4th IAA Symposium* (Paper IAA-B4-1201). Berlin, Germany.
- Saifudin, M.A., Karim, A., Mujtahid. (2018). LAPAN-A4 concept and design for Earth observation and maritime monitoring missions. In *2018 IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES)*. <https://doi.org/10.1109/ICARES.2018.8547143>
- Saifudin, M.A. (2019). Evaluasi kinerja star sensor eksperimental LAPAN di orbit pada satelit LAPAN-A3/LAPAN-IPB. In *Bunga rampai Iptek penerbangan dan antariksa: Progres litbangyasa roket, satelit, dan penerbangan 2018* (pp. 52–60).
- Saito, H., Ishimura, K., Hirokawa, J., Tomura, T., Ijichi, K., Tanaka, K. (2021). Technical challenges for small SAR satellites with high performance. In *Proceedings of the 35th Annual Small Satellite Conference*.
- Sakamoto, Y., Sugimura, N., Fukuda, K., Kuwahara, T., Yoshida, K., Kurihara, J., Fukuhara, T., Takahashi, Y. (2016). Development and flight results of microsatellite bus system for RISING-2. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, 14(ists30).

- Septanto, H., Utama, S., **Triharjanto, R.H.**, & Suhermanto. (2017). Indonesia coverage simulation of SAR satellite at near-equatorial orbit. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 54(1).
- Sri Sumantyo, J. T., Chet, K. V., **Triharjanto, R.H.** (2013). Development of UAV and microsatellites for remote sensing. In *Proceedings of the 20th Ceres International Symposium on Microsatellites for Remote Sensing (SOMIRES)*.
- Sun, W., Sweeting, M.N. (2001). In-orbit results from UoSAT-12 Earth observation minisatellite mission. In *Proceedings of the 3rd International Symposium of IAA* (pp. 79–82). IAA-B3-0305P.
- Sutardi, R, Poetro, RE, Fathurrohman, L, **Triharjanto, RH**, Suryanti, DI (2022) Semi-Empirical Thermal Modelling of LAPAN-A3 Satellite Using Machine Learning Method, Proc. IEEE ICARES
- Sweeting, M., Curiel, A. S., Sun, W. (2006). The personal computer revolution in space. In *Proceedings of the 20th Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites*.
- Taufiq, M. (2022, March 22). Canggih! KKP saat ini memanfaatkan teknologi satelit untuk pengawasan operasi perikanan. *Suara Jatim*. <https://jatim.suara.com/read/2022/03/22/151821/canggih-kkp-saat-ini-manfaatkan-teknologi-satelit-untuk-pengawasan-operasi-perikanan>
- Tempo. (2023). BRIN: Program Nusantara konstelasi satelit untuk pembangunan berkelanjutan. <https://tekno.tempo.co/read/1775586/brin-program-nusantara-konstelasi-satelit-untuk-pembangunan-berkelanjutan>
- Triharjanto, R.H.**, Hasbi, W., Widipaminto, A., Mukhayadi, M., Renner, U. (2004). LAPAN-TUBSAT: Micro-satellite platform for surveillance and remote sensing. In *Proceedings of the 4th Symposium: Small Satellites, Systems and Services (ESA SP-571)*.
- Triharjanto, R.H.** (2006). Desain dan pengujian struktur satelit mikro LAPAN-TUBSAT. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 4(2).

- Triharjanto, R.H.**, Hardhienata, S., Rahman, A., & Hasbi, W. (2007). LAPAN-TUBSAT launch campaign. In *LAPAN-TUBSAT: From concept to early operation* (Chap. 11). LAPAN.
- Triharjanto, R.H.**, Widipaminto, A. (2007). Video camera system on LAPAN-TUBSAT micro-satellite. In *Proceedings of the Asian Space Conference*.
- Triharjanto, R.H.**, Judianto, C. (2009). The micro-satellite for sustainable development program in Aerospace Electronics Technology Center, National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN). In *UN/ESA Symposium on Small Satellite Programs for Sustainable Development*.
- Triharjanto, R.H.**, Budiantoro, P. A. (2011). Pengembangan laboratorium uji getar satelit mikro di Indonesia. In *Satelit untuk mitigasi bencana, pemantauan maritim, dan ketahanan pangan*. IPB Press.
- Triharjanto, R.H.**, & Huzain, M. F. (2011). Pengembangan model dinamika struktur satelit mikro LAPAN, *Satelit untuk mitigasi bencana, pemantauan maritim, dan ketahanan pangan*. IPB Press.
- Triharjanto, R.H.** (2013) The Development of LAPAN's Micro-Satellite Subsistems, Proceedings of 34th ACRS.
- Triharjanto, R.H.**, & Sumantyo, J. T. S. (2013). System design of LAPAN-CHIBA microsatellite. *Proceedings of IEEE APSAR*.
- Triharjanto, R.H.**, Bangkit, H., Saifudin, M. A. (2014). Development of space-based magnetic activities measurement mission in LAPAN's micro-satellites. In *Proceedings of the 2nd Asia Future Conference*.
- Triharjanto, R.H.**, Poetro, R.E., Hardhienata, S. (2014). Multi-objectives optimization of Earth observation micro-satellite design using particle swarm. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES)*.

- Triharjanto, R.H.**, Nur Ubay, M.S., Utama, S., Poetro, R.E. (2015). Evaluation of attitude dynamic module on LAPAN-ITB micro-satellite simulator. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES)*.
- Triharjanto, R.H.**, Poetro, R.E., Muhammad, H., Hardhienata, S. (2016a). Earth observation micro-satellite design optimization using satellite simulator. *Journal of Mechanical Engineering*, 13(2).
- Triharjanto, R.H.**, Poetro, R.E., Muhammad, H., & Hardhienata, S. (2016b). Evaluating deployable solar panel option in Earth observation micro-satellite design optimization. *International Journal of Advances in Mechanical & Automobile Engineering (IJAMAE)*, 3(1).
- Triharjanto, R.H.**, Hakim, P.R. (2017). Review of satellite technology development in Indonesian Space Agency based on its technical publications in 2012-2016. *Proc. 68th International Astronautical Congress (IAC)*, vol. 3, pp. 25-29.
- Triharjanto, R.H.** (2018). Strategic Environment and Implementation of Satellite Technology Acquisition Programs in ASEAN. *Prosiding Seminar Nasional Kebijakan Penerbangan dan Antariksa*.
- Triharjanto, R. H.**, Budiantoro, P. A., Yanto, D., & Sumantyo, J.T.S. (2018). The design progress of LAPAN-Chiba University. In *2018 IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES)*.
- Triharjanto, R.H.**, Budiantoro, P.A. (2018). Stiffness evaluation of LAPAN-A5/CHIBASAT deployable solar panel composite plate using simplified finite element model. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 17(2).
- Triharjanto, R.H.** (2020). System designs of microsatellites: A review of two schools of thoughts. In *Satellite systems: Design, modeling, simulation and analysis*. IntechOpen.

- Triharjanto, R.H.**, Andiarti, R. (2020). Perencanaan implementasi program pengembangan satelit Indonesia pada tahap kedua dan ketiga Rencana Induk Keantariksaan. *Jurnal Kajian Kebijakan Penerbangan dan Antariksa*, 1(2).
- UN ESCAP (2023), *Geospatial practices for sustainable development in South-East Asia 2022: A compendium*. United Nations.
- Urata, K.N., Sumantyo, J.T.S., Santosa, C.E., Viscor, T. (2019). A compact C-band CP-SAR microsatellite antenna for Earth observation. *Acta Astronautica*, 159.
- Utama, S., Saifudin, M.A., Mukhayadi, M. (2018). Momentum biased performance of LAPAN-A3 satellite for multispectral pushbroom imager operation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 149(1), 012062.
- Utama, S., Amin, D.E., Saifudin, M.A., Huzain, M. F., Roza, W., Judianto, C.T., Mukhayadi, M. (2024). Magnetic Shielding Implementation in the Small Satellite Reaction Wheel, *INCAS Bulletin* 16(1):107-116.
- Ward, J.W., Price, H.E. (1987). The UoSAT-2 digital communications experiment. *Journal of the Institution of Electronic and Radio Engineers*, 57(5S).
- Widipaminto, A. (2007). LAPAN-TUBSAT power control and data handling. In *LAPAN-TUBSAT: First Indonesian micro-satellite* (Chap. 6). LAPAN.
- Widipaminto, A. (2007). The payload of LAPAN-TUBSAT. In *LAPAN-TUBSAT: First Indonesian micro-satellite* (Chap. 7). LAPAN.
- Yüksel, G., Okan, A., Leloğlu, U. M. (2007). First LEO satellite built in Turkey: RASAT. In *Proceedings of the 3rd Recent Advances in Space Technologies (RAST) Conference*.

DAFTAR CAPAIAN DALAM BIDANG IPTEK, RISET, DAN INOVASI

Karya Tulis Ilmiah

1. Bagian dari Buku Internasional1 buah
2. Bagian dari Buku Nasional10 buah
3. Jurnal Internasional8 buah
4. Jurnal Nasional21 buah
5. Prosiding Internasional28 buah
6. Prosiding Nasional1 buah

Kekayaan Intelektual

7. Desain Industri2 buah

Karya Tulis Ilmiah

Bagian dari Buku Internasional

1. **Triharjanto, R. H.** (2020). System designs of microsatellites: A review of two schools of thoughts. In *Satellite systems: Design, modeling, simulation and analysis*. IntechOpen.

Bagian dari Buku Nasional

2. **Triharjanto, R. H., & Mukhayadi, M.** (2007). LAPAN-TUBSAT mission concept. In *LAPAN-TUBSAT: From conception to early operation* (Chap. 3). LAPAN.
3. **Triharjanto, R. H., Mukhayadi, M., & Hasbi, W.** (2007). LAPAN-TUBSAT system budget. In *LAPAN-TUBSAT: From conception to early operation* (Chap. 4). LAPAN.
4. **Triharjanto, R. H., & Hasbi, W.** (2007). Mechanical and electrical interface of LAPAN-TUBSAT. In *LAPAN-TUBSAT: From conception to early operation* (Chap. 10). LAPAN.

5. **Triharjanto, R. H.**, Hardhienata, S., Rahman, A., & Hasbi, W. (2007). LAPAN-TUBSAT launch campaign. In *LAPAN-TUBSAT: From conception to early operation* (Chap. 11). LAPAN.
6. Mukhayadi, M., Nasser, E. N., Rahman, A., & **Triharjanto, R. H.** (2007). Early operation of LAPAN-TUBSAT. In *LAPAN-TUBSAT: From conception to early operation* (Chap. 12). LAPAN.
7. **Triharjanto, R. H.**, & Husain, F. M. (2011). Pengembangan model dinamika struktur satelit mikro LAPAN. In *Satelit untuk mitigasi bencana, pemantauan maritim, dan ketahanan pangan*. IPB Press.
8. **Triharjanto, R. H.**, & Budiantoro, P. A. (2011). Pengembangan laboratorium uji getar satelit mikro di Indonesia. In *Satelit untuk mitigasi bencana, pemantauan maritim, dan ketahanan pangan*. IPB Press.
9. Tresnoningrum, D., & **Triharjanto, R. H.** (2012). Pergeseran orbit satelit LAPAN-TUBSAT dan implikasinya terhadap operasi misi. In *Pengembangan satelit mikro LAPAN: Sistem, subsistem & misi operasi* (pp. 37–49). IPB Press.
10. **Triharjanto, R. H.**, & Mukhayadi, M. (2012). Optimasi misi dan modifikasi desain satelit mikro LAPAN-A2. In *Pengembangan satelit mikro LAPAN: Sistem, subsistem dan misi operasi* (pp. 51–64). IPB Press.
11. **Triharjanto, R. H.**, & Mayditya, H. (2013). Pengembangan platform air bearing tetrahedral sebagai simulator reaction wheel 3-axis. In *Pengembangan teknologi satelit di Indonesia: Sistem, subsistem, & misi operasi*. IPB Press.

Jurnal Internasional

12. Lagoudas, D. C., Entchev, P., & **Triharjanto, R.** (2000). Modeling of oxidation and its effect on crack growth in titanium alloys. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 183, 35–50.

13. **Triharjanto, R.H.**, Poetro, R.E., Muhammad, H., & Hardhienata, S. (2016). Evaluating deployable solar panel option in Earth observation micro-satellite design optimization. *International Journal of Advances in Mechanical & Automobile Engineering (IJAMAE)*, 3(1).
14. **Triharjanto, R.H.**, Poetro, R.E., Muhammad, H., & Hardhienata, S. (2016). Earth observation micro-satellite design optimization using satellite simulator. *Journal of Mechanical Engineering*, 13(2).
15. Aferdiansyah, R., Affuwani, N., Hafizah, M.A.E., **Triharjanto, R.H.**, & Nugroho, W. (2021). The measurement of potential risk of fire and explosion at gas station to anticipate non-military threats. *International Journal of Innovation in Mechanical Engineering & Advanced Materials (IJIMEAM)*, 3(3), 105–111.
16. Aferdiansyah, R., Hafizah, M.A.E., **Triharjanto, R.H.**, & Dewi, W.U. (2023). The analysis of fire and explosion risk at chemical material warehouse of Rocket Technology Research Center, National Research and Innovation Agency. *United International Journal for Research & Technology (UIJRT)*, 3(4).
17. Panjaitan, L.K., Hermawan, W., Supriyanto, Herdiana, D., **Triharjanto, R.H.**, Prabowo, G.S. (2025) Design Optimization of Sprayer Drone Configuration for Batu Ijo and Birma Shallots, *International Review of Aerospace Engineering*, vol.17, no.6
18. Susanti, D., Rafikasari, A., **Triharjanto, R.H.** (2025). Strategic framework formulation for assessing the use of space asset for Indonesian national defense. *Defence Studies*, 25(3), 612–627.
19. Perwitasari, I, Firmansyah, F, **Triharjanto, RH** (2026) Space Economy Research Trends for Foresight Analysis, *Journal of Aerospace Technology and Management*, vol.18, pp. e0826

Jurnal Nasional

20. **Triharjanto, R. H.** (2006). Desain dan pengujian struktur satelit mikro LAPAN-TUBSAT. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 4(2).

21. **Triharjanto, R. H.**, Sofyan, E., Riyadl, A., Mariani, L., & Putro, I. E. (2007). Rancangan awal dan strategi pengembangan rudal jelajah LAPAN. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 5(2).
22. **Triharjanto, R. H.** (2008). Peredam kejut dan getaran bagi muatan RX-250. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 6(1).
23. Saifudin, M. A., & **Triharjanto, R. H.** (2010). Algoritma pengenalan pola bintang untuk deteksi posisi bintang pada star sensor satelit LAPAN. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 8(1).
24. **Triharjanto, R. H.**, & Hutasulut, H. M. (2010). Analisis manuver penyelamatan satelit PALAPA-D. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 8(2).
25. **Triharjanto, R. H.**, Poetro, R. E., & Muhammad, H. (2013). Analisa sensitivitas pada desain awal satelit mikro pengamat bumi. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 11(1).
26. Huzain, M. F., & **Triharjanto, R. H.** (2013). Pengukuran karakteristik dinamika struktur satelit LAPAN-ORARI/A2. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 11(2).
27. Husni, E., Andanawari, M. R., & **Triharjanto, R. H.** (2016). Algoritma peringatan dini pencurian ikan pada data Automatic Identification System (AIS) berbasis terestrial dan satelit. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 14(2).
28. **Triharjanto, R. H.**, Faturrohim, L., Poetro, R. E., & Muhammad, H. (2016). Desain awal sistem satelit telekomunikasi pertahanan Indonesia. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 14(2).
29. Muksin, A., Poetro, R. E., & **Triharjanto, R. H.** (2017). Pico-satellite de-tumbling simulation using magnetic actuator. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 15(1).
30. **Triharjanto, R. H.**, & Budiantoro, P. A. (2018). Stiffness evaluation of LAPAN-A5/CHIBASAT deployable solar panel composite plate using simplified finite element model. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 17(2).
31. **Triharjanto, R. H.**, Hasbi, W., & Harsono, S. D. (2019). Indonesian non-GSO satellites: Current operations and future

- predictions. *Buletin Pos dan Telekomunikasi*, 17(1), 61–74.
32. Dwiastuty, F., Bura, R. O., & **Triharjanto, R. H.** (2019). Konsep desain peluru kendali untuk kapal cepat rudal Indonesia. *Jurnal Teknologi Persenjataan*, 1(1).
 33. Dwiastuty, F., Bura, R. O., & **Triharjanto, R. H.** (2019). Optimasi karakteristik aerodinamika pada desain peluru kendali anti-kapal permukaan untuk kapal cepat rudal Indonesia. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 17(2).
 34. Pratisha, B., & **Triharjanto, R. H.** (2020). Evaluasi on-going Rencana Induk Penyelenggaraan Keantariksaan tahun 2016–2040. *Jurnal Kajian Kebijakan Penerbangan dan Antariksa*, 1(1).
 35. **Triharjanto, R. H.**, & Andiarti, R. (2020). Perencanaan implementasi program pengembangan satelit Indonesia pada tahap kedua dan ketiga Rencana Induk Keantariksaan. *Jurnal Kajian Kebijakan Penerbangan dan Antariksa*, 1(2).
 36. Nugroho, W., Riyadl, A., Muslimin, A. N., Asiqin, Z., Setiawan, R., **Triharjanto, R. H.**, & Yogaswara, Y. H. (2021). Study on the development of guidance system technology for 122–140 mm artillery rocket. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 19(2), 201–222.
 37. Riyadl, A., **Triharjanto, R. H.**, & Widodo, P. (2023). The effect of flight parameters uncertainty on the RHAN 300 rocket fall point. *Elemen: Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), 8–14.
 38. Muslimin, A. N., **Triharjanto, R. H.**, & Ruyat, Y. (2023). Analisis aerodinamika pada sirip lipat roket artileri kaliber 300 mm. *Elemen: Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), 15–21.
 39. Riyadl, A., **Triharjanto, R. H.**, & Widodo, P. (2023). Impact point dispersion prediction for 300 mm R-Han 300 artillery rocket. *Indonesian Journal of Aerospace*, 21(1), 51–64.
 40. Panjaitan, L. K., Hermawan, W., Supriyanto, S., **Triharjanto, R. H.**, & Bahri, S. (2024). Characteristics of mechanical strength and flexibility of shallots leaf. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 12(1), 21–34.

Prosiding Internasional

41. **Triharjanto, R. H.**, Hasbi, W., Widipaminto, A., Mukhayadi, M., & Renner, U. (2004). LAPAN-TUBSAT: Micro-satellite platform for surveillance and remote sensing. In *Proceedings of the 4S Symposium: Small Satellites, Systems and Services* (pp. 20–24).
42. Hardhienata, S., Nuryanto, A., **Triharjanto, R. H.**, & Renner, U. (2005). Technical aspects and attitude control strategy of LAPAN-TUBSAT micro-satellite. In *Proceedings of the 5th International Symposium of the International Academy of Astronautics*.
43. **Triharjanto, R. H.**, & Widipaminto, A. (2007). Video camera system on LAPAN-TUBSAT micro-satellite. In *Proceedings of the Asian Space Conference* (pp. 1–5).
44. **Triharjanto, R. H.**, & Mariani, L. (2010). Development of blast-tube nozzle with shrink-fit method for motor rocket with 150 mm diameter and 50 cm length. In *Proceedings of the Regional Conference on Mechanical and Aerospace Technology*.
45. Andria, N., & **Triharjanto, R. H.** (2010). Optimal design of RX-420 fin using flutter analysis. In *Proceedings of the Regional Conference on Mechanical and Aerospace Technology*.
46. Hardhienata, S., **Triharjanto, R. H.**, & Mukhayadi, M. (2011). LAPAN-A2: Indonesian near-equatorial surveillance satellite. In *APRSAF-18 (Asia-Pacific Regional Space Agency Forum)*. Singapore.
47. **Triharjanto, R. H.** (2012). Development of micro-satellite technology at the National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN). In *Proceedings of the 17th CEReS International Symposium*.
48. **Triharjanto, R. H.**, & Sri Sumantyo, J. T. (2013). System design of LAPAN-CHIBA microsatellite. In *Proceedings of the Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar (APSAR)*.
49. Sri Sumantyo, J. T., Chet, K. V., & **Triharjanto, R. H.** (2013). Development of UAV and microsatellites for remote sensing.

In Proceedings of the 20th CEReS International Symposium on Microsatellites for Remote Sensing (SOMIRES).

50. Sri Sumantyo, J. T., Chet, K. V., & **Triharjanto, R. H.** (2013). Development of circularly polarized synthetic aperture radar onboard unmanned aerial vehicle. In *Proceedings of the IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*.
51. **Triharjanto, R. H.** (2013). The development of LAPAN's micro-satellite subsystems. In *Proceedings of the 34th Asian Conference on Remote Sensing*.
52. **Triharjanto, R. H.**, Bangkit, H., & Saifudin, M. A. (2014). Development of space-based magnetic activities measurement mission in LAPAN's micro-satellites. In *Proceedings of the 2nd Symposium on Microsatellites for Remote Sensing (SOMIRES)*.
53. **Triharjanto, R. H.**, Poetro, R. E., & Hardhienata, S. (2014). Multi-objective optimization of Earth observation micro-satellite design using particle swarm. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES)*.
54. **Triharjanto, R. H.**, Nur Ubay, M. S., Utama, S., & Poetro, R. E. (2015). Evaluation of attitude dynamic module on LAPAN-ITB micro-satellite simulator. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES)*.
55. **Triharjanto, R. H.**, Fadilah, P. A., Poetro, R. E., & Muhammad, H. (2016). Preliminary design of Indonesian military surveillance satellite. In *Proceedings of the 4th International Seminar for Aerospace Science and Technology (ISAST)*.
56. Septanto, H., Utama, S., **Triharjanto, R. H.**, & Suhermanto. (2017). Indonesia coverage simulation of SAR satellite at near-equatorial orbit. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 54(1).

57. **Triharjanto, R. H., & Hakim, P. A. (2017).** Review of satellite technology development in Indonesian space agency based on its technical publications in 2012–2016. In *Proceedings of the International Astronautical Conference*.
58. Sumantyo, J. T. S., Imura, N., Onishi, S., Yasaka, T., **Triharjanto, R. H., Ito, K., & Perissin, D. (2017).** L-band circularly polarized SAR onboard microsatellite. In *Proceedings of the IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*.
59. **Triharjanto, R. H., Budiantoro, P. A., Yanto, D., & Sumantyo, J. T. S. (2018).** The design progress of LAPAN-Chiba Sat. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES)*.
60. Moranova, S., Poetro, R. E., & **Triharjanto, R. H. (2018).** Preliminary design of communication and power subsystem for micro-satellite with maritime surveillance mission. *Journal of Physics: Conference Series*, 1130(1), 012011.
61. Sumantyo, J. T. S., Chua, M. Y., Santosa, C. E., Panggabean, G. F., Watanabe, T., Setiadi, B., ... **Triharjanto, R. H., Gao, S., & Ito, K. (2019).** Hinotori-C2 mission: CN235MPA aircraft onboard circularly polarized synthetic aperture radar (CP-SAR). In *Proceedings of the IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*.
62. Kartikaningsih, W., **Triharjanto, R., & Gunawan, D. (2021).** Identification of military objects around Indonesia using public domain satellite images. In *Proceedings of the International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS)*.
63. Sutardi, R., Poetro, R. E., Fathurrohman, L., **Triharjanto, R. H., & Suryanti, D. I. (2022).** Semi-empirical thermal modelling of LAPAN-A3 satellite using machine learning method. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES)*.

64. Muslimin, A. N., **Triharjanto, R. H.**, & Ruyat, Y. (2023). Structure design of wrap-around deployable stabilizer for 300 mm class artillery rockets. *AIP Conference Proceedings*, 2941(1).
65. Putro, I. E., Subiantoro, A., Halim, A., **Triharjanto, R. H.**, & Syafie, S. (2023). Optimal control design of slow dominant transient response for longitudinal missile dynamics. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES)*.
66. Rahayu, N., Herfiah, S., Santosa, C. E., **Triharjanto, R. H.**, & Munir, A. (2023). Performance enhancement of filtered low-noise amplifier using square-shaped complementary split ring resonator. In *Proceedings of the IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI Radio Science Meeting*.
67. Riyadl, A., **Triharjanto, R. H.**, & Widodo, P. (2024). Computational fluid dynamics analysis on drag from structural joint bolts of RX-450 sounding rocket. *AIP Conference Proceedings*, 3132(1).
68. Sudiana, O., Riyadl, A., **Triharjanto, R. H.**, & Widodo, P. (2024). Nose cone parametric studies for optimal design of 300 mm-class ballistic rocket. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES)*.

Prosiding Nasional

69. **Triharjanto, R. H.** (2018). Strategic environment and implementation of satellite technology acquisition programs in ASEAN. In *Prosiding Seminar Nasional Kebijakan Penerbangan dan Antariksa*.

Kekayaan Intelektual

Desain Industri

70. Satelit LAPAN-A1; Nomor IDD0000059064 Tanggal pemberian 28 Februari Juli 2020
71. Satelit LAPAN-A3; Nomor ID D0000061165 Tanggal pemberian 15 Juli 2021

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. DATA PRIBADI

Nama	Dr. Robertus Heru Triharjanto, B.Eng., M.Sc.
Tempat, Tanggal Lahir	Bandung, 22 Oktober 1971
Anak ke	3 dari 3 bersaudara
Jenis Kelamin	Laki-laki
Nama Ayah Kandung	Albertus Rismanto (alm)
Nama Ibu Kandung	Catarina Sugiarti
Nama Istri	Susiana Palupi, M.Sc. (alm)
Jumlah Anak	2
Nama Anak	1. Brigitta Maria Pramesti 2. Gregorius Rio Wibisono
Nama Unit	Organisasi Riset Penerbangan dan Antariksa
Nama Organisasi	Organisasi Riset Penerbangan dan Antariksa
Nama Instansi	Badan Riset dan Inovasi Nasional
Judul Orasi	Inovasi Teknologi Satelit Mikro Untuk Membangun Kemandirian Nasional
Ilmu	Teknik Dirgantara
Bidang	Desain Wahana Dirgantara
Kepakaran	Desain Satelit, Kendaraan Luar Angkasa, dan Misil

No. SK Pangkat Terakhir	:	Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 13/K Tahun 2024 tanggal 24 Juni 2024
No. SK Peneliti Ahli Utama	:	Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 51/M Tahun 2021 tanggal 9 November 2021
Tautan Scopus	:	https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6505751893
Tautan Google Scholar	:	https://scholar.google.co.id/citations?user=7vdcHOAAAAAJ&hl=id

B. PENDIDIKAN FORMAL

No	Jenjang	Nama Sekolah/ PT/ Universitas	Tempat/Kota/ Negara	Tahun Lulus
1.	SD	SD Santo Yusuf 2	Bandung / Indonesia	1985
2.	SMP	SMPN 5	Bandung / Indonesia	1987
3.	SMA	SMAN 3	Bandung / Indonesia	1990
4.	S1	North Carolina State University	Raleigh/USA	1995
5.	S2	Texas A&M University	College Station/ USA	1997
6.	S3	Institut Teknologi Bandung	Bandung / Indonesia	2016

C. PENDIDIKAN NONFORMAL

No	Nama Pelatihan/ Pendidikan	Tempat/Kota/ Negara	Tahun
1.	B737 Airframe & Powerplant	Garuda Aviation Training/Jakarta/ Indonesia	2000
2.	Satellite Design	China Academy for Space Technology/ Beijing/China	2000
3.	Aviation Accident Investigation	Institute of Aviation Safety/Stockholm/ Swedia	2001
4.	System Level Satellite Design	ISRO Satellite Center/ Bangalore/ India	2003
5.	Diklatpim III	Departemen Kesehatan/ Jakarta/ Indonesia	2010
6.	Diklatpim II	Lembaga Administrasi Negara/Jakarta/ Indonesia	2019
7.	Diklatpim I	Lembaga Administrasi Negara/Jakarta/ Indonesia	2024

D. JABATAN STRUKTURAL

No	Jabatan/Pekerjaan	Nama Instansi	Tahun
1.	Kepala Bidang Teknologi Mekatronika Dirgantara	Pusat Teknologi Elektronika Dirgantara, LAPAN	2009-2011
2.	Kepala Bidang Teknologi Bus Satelit	Pusat Teknologi Satelit, LAPAN	2011-2014
3.	Kepala Pusat Kajian Kebijakan Perbangan dan Antariksa	LAPAN	2018-2021

No	Jabatan/Pekerjaan	Nama Instansi	Tahun
4.	Plt. Direktur Penguatan dan Kemitraan Infrastruktur Riset dan Inovasi	Kedeputan Infrastruktur Riset dan Inovasi, BRIN	2021-2022
5.	Kepala Organisasi Riset Penerbangan dan Antariksa	BRIN	2022-sekarang

E. JABATAN FUNGSIONAL

No	Jenjang Jabatan	TMT Jabatan
1.	Peneliti Pertama - III/a	1 Jan 1999
2.	Peneliti Muda - III/c	1 Jul 2001
3.	Peneliti Muda - III/d	1 Mei 2003
4.	Peneliti Madya - IV/a	1 Mei 2007
5.	Peneliti Utama - IV/d	9 Nov 2021

F. PENUGASAN KHUSUS NASIONAL/INTERNASIONAL

No	Jabatan/Pekerjaan	Pemberi Tugas	Tahun
1.	Anggota KNKT (Komite Nasional Keselamatan Transportasi)	Departemen Perhubungan	1999-2003
2.	Team Leader Integrasi, Tes, dan Peluncuran LAPAN-A1/TUBSAT	LAPAN	2004-2007
3.	Anggota Redaksi Majalah Sains & Teknologi Dirgantara	LAPAN	2011-2012
4.	Anggota Redaksi Jurnal Teknologi Dirgantara	LAPAN	2013-2018

No	Jabatan/Pekerjaan	Pemberi Tugas	Tahun
5.	Anggota Tim Penilai Peneliti Instansi (TP2I)	LAPAN	2014-2018
6.	Anggota Tim Verifikasi Uji Roket	LAPAN	2012-2018
7.	Anggota Tim INSINAS INARSSAT	LAPAN	2014-2017
8.	Head of Scientific Committee International Seminar on Aerospace Science and Technology	LAPAN	2017-2018
9.	Anggota Tim Perumus Jabatan Fungsional LAPAN	LAPAN	2018
10.	Anggota Tim Penyusun RPP Penguasaan Teknologi Antariksa	LAPAN	2018
11.	Sekretaris Komite Teknis Perumusan SNI Penerbangan dan Antariksa	BSN	2018-2019
12.	Ketua Tim Bandar Antariksa	LAPAN	2019
13.	Sekretaris Tim Penyusun Perpres Pengesahan Konvensi APSCO	LAPAN	2019
14.	Wakil Ketua Komite Teknis Perumusan SNI Penerbangan dan Antariksa	BSN	2020-2021

G. KEIKUTSERTAAN DALAM KEGIATAN ILMIAH

No	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
1.	UN/Austria/ESA Symposium on Small Satellite Programmes for Sustainable Development	Invited Speaker	UNOOSA (Graz, Austria)	2009
2.	Space Technology Working Group, 18 th Asia-Pasific Regional Space Agency Forum (APRSAF)	Invited Speaker	JAXA-SSTA (Singapore)	2011
3.	17 th Center for Environmental Remote Sensing (CERes) International Symposium	Invited Speaker	Chiba University (Chiba, Japan)	2012
4	Asia-Pasific Satellite (APSAT) International Conference 2012	Invited Speaker	ASSI (Jakarta, Indonesia)	2012
5.	4 th IEEE Asia-Pacific Conference on Synthetic-Aperture Radar (APSAR)	Invited Speaker	IEEE (Tsukuba, Japan)	2013
6.	Space Technology Working Group, 21 st APRSAF	Invited Speaker	JAXA (Tokyo, Japan)	2014
7	APSAT International Conference 2015	Invited Speaker	ASSI (Jakarta, Indonesia)	2015
8	2 nd Workshop of Asian Microsatellite Consortium	Invited Speaker	Hokaido University (Sapporo, Japan)	2015

No	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
9	2 nd IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing (ICARES)	Invited Speaker	IEEE Aerospace Indonesia (Bali, Indonesia)	2015
10	Space Technology Working Group, 22 nd APRSAF	Invited Speaker	JAXA-LAPAN (Bali, Indonesia)	2015
11	Hokaido University Summer Institute 2016	Invited Lecturer	Hokaido University (Sapporo, Japan)	2016
12	2 nd International Conference on Maritime Science (ICMS)	Invited Speaker	IPB (Bogor, Indonesia)	2017
13	4 th International Symposium on LAPAN IPB Satellite (LISAT)	Invited Speaker	IPB (Bogor, Indonesia)	2017
14	Space Policy Workshop, 25 th Asia-Pacific Regional Space Agency Forum (APRSAF)	Invited Speaker	JAXA-SSTA (Singapore)	2018
15	7 th International Seminar on Aerospace Science and Technology (ISAST)	Invited Speaker	LAPAN (Jakarta, Indonesia)	2019
16	APSAT International Conference 2019	Invited Speaker	ASSI (Jakarta, Indonesia)	2019
17	Space Policy Workshop, 26 th APRSAF	Invited Speaker	JAXA-SSTA (Singapore)	2019

No	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
18	7 th IEEE ICARES	Keynote Speaker	IEEE Aerospace Indonesia (Yogyakarta, Indonesia)	2022
19	18 th ICSANE	Keynote Speaker	IEICE (Solo, Indonesia)	2023
20	10 th ISAST	Keynote Speaker	ORPA BRIN (Bali, Indonesia)	2024
1.	UN/Austria/ESA Symposium on Small Satellite Programmes for Sustainable Development	Invited Speaker	UNOOSA (Graz, Austria)	2009

H. KETERLIBATAN DALAM PENGELOLAAN JURNAL ILMIAH

No	Nama Jurnal	Penerbit	Peran/ Tugas	Tahun
1.	Jurnal Teknologi Dirgantara	LAPAN	Section Editor	2013 – 2018
2.	Majalah Sains & Teknologi Dirgantara	LAPAN	Section Editor	2011 – 2012
3.	Indonesian Journal of Aerospace	BRIN	Mitra Bestari	2022 – sekarang

I. CAPAIAN DALAM BIDANG IPTEK, RISET, DAN INOVASI

1. Karya Tulis Ilmiah

a) Kualifikasi Karya

No	Kualifikasi Karya	Jumlah
1.	Bagian dari Buku Internasional	1
2.	Bagian dari Buku Nasional	10
3.	Jurnal Internasional	8
4.	Jurnal Nasional	21
5.	Prosiding Internasional	28
6.	Prosiding Nasional	1

b) Kualifikasi Penulis

No	Kualifikasi Penulis	Jumlah
1.	Penulis Tunggal	5
2.	Bersama Penulis Lainnya	64
Total		69

c) Kualifikasi Bahasa

No	Kualifikasi Bahasa	Jumlah
1.	Bahasa Indonesia	23
2.	Bahasa Inggris	46
3.	Bahasa Lainnya	-
Total		69

2. Kekayaan Intelektual

No	Kualifikasi Karya	Jumlah
1.	Desain Industri	2

J. PEMBINAAN KADER ILMIAH

Pejabat Fungsional Peneliti

No	Nama	Instansi	Peran/Tugas	Tahun
1.	Sartika, S.T.	BRIN	Pembimbing	2014 - 2016

Mahasiswa

No	Nama	Perguruan Tinggi/ Universitas	Peran/ Tugas	Lulus Tahun
1.	Muhammad Riksa Andanawari	Teknik Elektro/ ITB	Pembimbing T.A. S1	2016
2.	Ali Muksin	Astronomi/ ITB	Pembimbing T.A. S1	2016
3.	Starida Moranova	Teknik Dirgantara/ ITB	Pembimbing T.A. S1	2017
4.	Fuji Dwiastuty	Teknologi Persenjataan/ UNHAN	Pembimbing Tesis S2	2018
5.	Wari Kartikaningsih	Teknologi Penginderaan/ UNHAN	Pembimbing Tesis S2	2020
6.	Ahmad Riyadl	Teknologi Persenjataan/ UNHAN	Pembimbing Tesis S2	2022

No	Nama	Perguruan Tinggi/ Universitas	Peran/ Tugas	Lulus Tahun
7.	Rizky Aferdiansyah	Teknologi Persenjataan/ UNHAN	Pembimbing Tesis S2	2021
8.	Ricky Sutardi	Teknik Dirgantara/ ITB	Pembimbing T.A. S1	2022
9.	Ahmad Novi Muslimin	Teknologi Persenjataan/ UNHAN	Pembimbing Tesis S2	2022
10.	Lidia Kristina Panjaitan	Teknik Pertanian/ IPB	Pembimbing Tesis S2	2023

K. Organisasi Profesi Ilmiah

No	Jabatan	Nama Organisasi	Tahun
1.	Senior Member	IEEE	2020 -
2.	Member	International Academy of Astronautics	2021-
3.	Anggota	Himpenindo / PPI	2019 –

L. Tanda Penghargaan

No	Nama Penghargaan	Pemberi Penghargaan	Tahun
1.	Fungsional Pertama Terbaik	LAPAN	1999
2.	Satyalancana Karya Satya 10 Tahun	Presiden RI	2001
3.	Fungsional Muda Terbaik	LAPAN	2006

No	Nama Penghargaan	Pemberi Penghargaan	Tahun
4.	Satyalancana Karya Satya 20 Tahun	Presiden RI	2011
5.	Satyalancana Karya Satya 30 Tahun	Presiden RI	2021

Indonesia adalah negara pertama di Asia yang menggunakan teknologi satelit, yakni Palapa-A1 yang diluncurkan tahun 1976. Bagi Indonesia, teknologi tersebut merupakan keniscayaan untuk dapat menghubungkan wilayah kepulauan yang luas. Juga merupakan salah satu negara Asia yang mulai menggunakan citra satelit penginderaan jauh di awal tahun 80an. Namun demikian, Indonesia baru bisa membuat satelit sendiri tahun 2012, dengan selesainya pengembangan LAPAN-A2. Hal tersebut dimungkinkan karena tersedianya teknologi satelit mikro, yang dapat diadopsi dengan biaya terbatas.

Teknologi satelit mikro awalnya dikembangkan di lembaga pendidikan dan riset, sebagai sarana pendidikan atau pengujian teknologi baru. Kemudahan adopsinya membuat negara-negara berkembang, termasuk Indonesia, berminat mengembangkan teknologi tersebut, sebagai bagian dari strategi nasional untuk kemandirian teknologi.

Bertambahnya ekosistem teknologi tersebut, membuat keandalan teknologinya naik, bahkan dengan biaya yang tetap terjangkau. Hal tersebut membuat industri antariksa di negara-negara maju kemudian mengadopsinya sebagai bagian dari strategi layanan komersialnya. Kunci keberhasilan teknologi satelit mikro adalah di teknologi komponen dan desain sistem nya, yang merupakan bagian dari riset penulis.

Penelitian penulis menunjukkan bahwa, sebagian besar kebutuhan penginderaan jauh nasional dapat dipenuhi dengan teknologi satelit mikro. Sehingga Indonesia yang telah menguasai teknologi tersebut dapat mengadopsinya sebagai bagian dari strategi pemenuhan kebutuhan teknologi satelit penginderaan jauh nasional. Diperlukan kebijakan hilirisasi yang tepat agar teknologi satelit mikro Indonesia, yang saat ini hanya berada di lembaga riset, dapat diadopsi oleh ke industri nasional, sehingga dapat menjamin keberlanjutan layanan data penginderaan jauh nasional.

