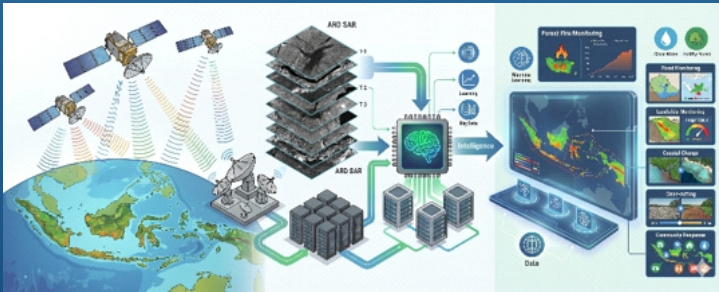


# ORASI ILMIAH: RISET DAN INOVASI

**PENGEMBANGAN SISTEM CERDAS  
TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH RADAR  
BERBASIS DATA SIAP ANALISIS UNTUK  
PEMANTAUAN LINGKUNGAN DAN  
KEBENCANAAN DI WILAYAH TROPIS**

**ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET  
ILMU TEKNIK  
BIDANG PENGINDERAAN JAUH  
KEPAKARAN PENGINDERAAN JAUH RADAR**



**OLEH:  
RAHMAT ARIEF**

**BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL**

**ISSN 3090-8485**

**ORASI ILMIAH PROFESOR RISET  
ILMU TEKNOLOGI KEANTARIKSAAN  
BIDANG PENGINDERAAN JAUH  
KEPAKARAN PENGINDERAAN JAUH RADAR**

Diterbitkan pertama pada 2026 oleh Penerbit BRIN

Tersedia untuk diunduh secara gratis: [penerbit.brin.go.id](http://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

**PENGEMBANGAN SISTEM CERDAS  
TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH RADAR  
BERBASIS DATA SIAP ANALISIS  
UNTUK PEMANTAUAN LINGKUNGAN DAN  
KEBENCANAAN DI WILAYAH TROPIS**

**ORASI ILMIAH PROFESOR RISET  
LMU TEKNOLOGI KEANTARIKSAAN  
BIDANG PENGINDERAAN JAUH  
KEPAKARAN PENGINDERAAN JAUH RADAR**

**OLEH:  
RAHMAT ARIEF**

Penerbit BRIN

© 2026 Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)  
Pusat Riset Geoinformatika

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Pengembangan Sistem Cerdas Teknologi Penginderaan Jauh Radar Berbasis Data Siap Analisis untuk Pemantauan Lingkungan dan Kebencanaan di Wilayah Tropis/Rahmat Arief. Jakarta Penerbit BRIN, 2026

viii + 110. hlm.; 14,8 x 21 cm




ISSN 3090-8485

- |                               |                             |                |
|-------------------------------|-----------------------------|----------------|
| 1. Penginderaan jauh          | 2. Synthetic Aperture Radar | 5. Kebencanaan |
| 3. <i>Analysis Ready Data</i> | 4. Lingkungan               |                |

621.3678

*Copy editor* : S. Imam Setyawan  
*Proofreader* : Hilda Yunita  
Penata Isi : S. Imam Setyawan  
Desainer Sampul : S. Imam Setyawan



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

BIODATA RINGKAS .....	1
PRAKATA PENGUKUHAN .....	5
I. PENDAHULUAN.....	7
II. TREND PERKEMBANGAN TEKNOLOGI DAN PENGOLAHAN DATA SAR .....	11
A. Perkembangan Teknologi Satelit SAR .....	11
B. Perkembangan ARD SAR .....	13
C. Perkembangan keterbukaan Data dan Akses data SAR.....	14
D. Arah dan Peluang Riset Lanjutan Penginderaan Jauh Radar ....	16
III. PENGEMBANGAN SISTEM CERDAS PENGINDERAAN JAUH RADAR.....	19
A. Kajian Prinsip Dasar Desain SAR dan Kebutuhan satelit SAR nasional .....	19
B. Riset Pengembangan Data Siap Analisis SAR .....	22
C. Riset Model Cerdas Berbasis Data SAR untuk Degradasi dan Deforestasi Hutan .....	25
D. Riset Pemetaan Lahan Gambut dan Emisi CO <sub>2</sub> .....	26
E. Riset Penurunan Tanah di Zona Rawan Bencana dan Kota Besar di Indonesia .....	29
F. Riset Sistem Deteksi dan Pemetaan Banjir Otomatis Berbasis Pembelajaran Mesin.....	33
G. Riset Pertanian Presisi Cerdas dan Ramah Lingkungan Berbasis SAR .....	34
H. Riset Digital Elevation Model (DEM) menggunakan data SAR dan pemanfaatannya .....	37
I. Riset Kompresi Sinyal SAR menggunakan Compressive Sensing untuk Penginderaan Jauh Cerdas dan Efisien.....	39

IV. KONTRIBUSI PENYELESAIAN PERMASALAHAN AKTUAL DAN STRATEGIS .....	43
V. KESIMPULAN.....	49
VI. PENUTUP .....	53
UCAPAN TERIMA KASIH .....	55
DAFTAR PUSTAKA.....	59
DAFTAR CAPAIAN DALAM BIDANG IPTEK, RISET DAN INOVASI.....	73
DAFTAR PUBLIKASI LAINNYA.....	97
DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....	99

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Timeline satelit SAR: masa lalu, saat ini dan masa mendatang (Sumber: <i>space.oscar.wmo.int</i> ).....	12
Gambar 2	Kebutuhan spesifikasi sensor satelit tiap bidang pemanfaatan terhadap resolusi spasial dengan resolusi temporal dan polarisasi radar. ....	21
Gambar 3	Katalog web Analysis Ready Data (ARD) SAR.....	24
Gambar 4	Produk ARD SAR Sentinel-1 dengan cakupan seluruh Indonesia dan komposit produk gamma naught polarisasi VV dan VH .....	24
Gambar 5	(a) Data referensi peta kanal hasil digitasi manual dari SPOT-6/7 tanggal 08.09.2017 ; (b) hasil deteksi peta kanal dari Sentinel-1 20170907 dari algoritma yang diusulkan; (c) Citra Sentinel-1 tanggal 07.09.2017.....	26
Gambar 6	(a) Peta laju penurunan tanah dari metode PS-INSAR (b) grafik penurunan tanah di 4 tempat pengamatan (c) Laju rata rata emisi CO <sub>2</sub> seluruh area (d) laju rata rata emisi CO <sub>2</sub> pada titik (TS2, TS3, TS12,TS26) (sumber: GSOCMap dan OpenLand-Map periode Januari 2019 – Januari 2021).....	28
Gambar 7	(a) Zona bebas air tanah berdasarkan Peraturan Gubernur Nomor 93 Tahun 2021 dengan laju penurunan tanah per tahun (mm) di Jakarta dan penggunaan air tanah (dalam liter) selama periode pengambilan data dari 12 Juni 2017 hingga 6 Juni 2020 (b) Peta rekomendasi zonasi untuk zona bebas air tanah dengan mempertimbangkan penurunan tanah dan kebutuhan air domestik di Jakarta. ....	30
Gambar 8	(a) Peta deformasi <i>Line of Sight (LoS)</i> di area kota Palu dan sekitarnya dan ditumpangkan pada citra optik Sentinel-2 (b) Laju deformasi <i>LoS</i> di masing masing kecamatan.....	32

Gambar 9	(a) Wilayah yang tergenang di Kalimantan Selatan yang dihasilkan dari pendekatan deteksi perubahan sebelum dan setelah peristiwa banjir menggunakan Citra Sentinel-1 (b) Peta partisipatif peristiwa banjir yang dibuat oleh masyarakat yang terdampak banjir, yang dapat diakses melalui pemerintah Kalimantan Selatan melalui <a href="http://geoservice.kalselprov.go.id">geoservice.kalselprov.go.id</a> .....	33
Gambar 10.	(a) Perbedaan emisi CH <sub>4</sub> berdasarkan faktor emisi nasional dan lokal (EF), dengan merujuk pada (b) distribusi spasial praktik CF dan AWD yang dihasilkan dari analisis data ALOS-2 PALSAR-2.....	36
Gambar 11	<i>Framework</i> penelitian kompresi sinyal SAR dengan metode <i>Compressive Sensing</i> .....	40

## BIODATA RINGKAS



Rahmat Arief, lahir di Surabaya, pada tanggal 13 Juli 1974 adalah anak ke 4 dari alm. Bapak Suwondo dan Ibu Rusti. Menikah dengan Krisna Dewi dan dikaruniai 4 orang anak, yaitu nama Yahya Abdurrahman Ramadhan, Khansa Atikah, Fauzan Ibrahim dan Marwah Hamidah.

Berdasarkan Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 6/M Tahun 2024 tanggal 22 Januari 2024 yang bersangkutan diangkat sebagai Peneliti Ahli Utama pada Badan Riset dan Inovasi Nasional/

Berdasarkan Keputusan Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional Nomor 127/HK/I/2026 tanggal 12 Mei 2026 yang bersangkutan melakukan orasi dan dikukuhkan sebagai Profesor Riset.

Menamatkan Sekolah Dasar Negeri Jepara II Surabaya, tahun 1986, Sekolah Menengah Pertama Negeri 7 Surabaya, tahun 1989, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 2 Surabaya, tahun 1992, Memperoleh gelar Sarjana S1 dengan gelar Dipl.-Ing.(FH) dari University Applied Science Georg Simon Ohm Nuernberg Germany tahun 2002, gelar Master of Science dari University of Kassel Germany tahun 2015, dan gelar Doktor bidang Teknik Elektro dari Universitas Indonesia tahun 2016.

Mengikuti beberapa pelatihan yang terkait dengan bidang kompetensinya, antara lain Diklat Fungsional Peneliti Tk. Pertama di Pusbindiklat LIPI Cibinong (2007), Diklat Fungsional Peneliti Tk. Lanjutan di Pusbindiklat LIPI Cibinong

(2017), Diklat Reviewer Penelitian Angkatan II di Jakarta diselenggarakan oleh Kemenristekdikti (2019), Pelatihan pengolahan data *Synthetic Aperture Radar* (SAR) di Chiba University Jepang (2012), Pelatihan pengembangan Satelit (*STAR Project*) di JAXA Campus Sagami-hara, Jepang (2009) dan Pelatihan pengolahan data SAR di Jakarta oleh Airbus, Belanda (2019).

Pernah menduduki jabatan sebagai Koordinator Program dan Fasilitas, Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh, LAPAN (2020 – 2021), Plt Kepala Pusat Riset Penginderaan Jauh, Organisasi Riset Penerbangan dan Antariksa, BRIN (2021-2022), Kepala Pusat Riset Penginderaan Jauh, Organisasi Riset Penerbangan dan Antariksa, BRIN (2022-2023).

Pernah menduduki jabatan fungsional Perekaya Ahli Muda IIIc tahun 2010 dan pindah ke jabatan fungsional peneliti sebagai Peneliti Ahli Muda golongan IIIc tahun 2016, Peneliti Ahli Madya golongan IVa tahun 2019, Peneliti Ahli Madya golongan IVb tahun 2021, dan memperoleh jabatan Peneliti Ahli Utama golongan IVd bidang Penginderaan Jauh tahun 2024.

Menghasilkan sebanyak 73 karya tulis ilmiah (KTI) baik sebagai penulis tunggal maupun kolaborator dalam bentuk buku, jurnal, prosiding dan publikasi lainnya. Sebanyak 65 KTI ditulis dalam bahasa Inggris dan 8 lainnya dalam bahasa Indonesia. Selain itu, kandidat juga berperan sebagai editor pada dua buku ilmiah dan kontributor aktif dalam pengajuan Kekayaan Intelektual (KI), yang meliputi 3 paten dan 11 hak cipta, mencerminkan kontribusi inovatif dan aplikatif dalam bidang riset yang ditekuninya.

Ikut serta dalam pembinaan kader ilmiah, yaitu sebagai pembimbing jabatan fungsional peneliti dibawahnya di lingkungan LAPAN dan BRIN, pembimbing skripsi (S-1),

Tesis (S-2) dan disertasi (S-3) pada Universitas Indonesia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Universitas Sudirman, Universitas Lampung.

Aktif dalam organisasi profesi sebagai anggota organisasi profesi *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (2018–2023), Masyarakat Ahli Penginderaan Jauh Indoensia (2021–2025), dan Perhimpunan Periset Indonesia (2022–2025). Di bidang keilmuan, kandidat menjabat sebagai Chief Editor Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital (2018–2022) dan turut berkontribusi dalam penyusunan standar nasional sebagai anggota Komite Teknis 49-02 Badan Standardisasi Nasional (2020–2022) untuk sistem informasi dan akuisisi data keantariksaan. Seluruh riwayat penugasan dan pelatihan ini menunjukkan dedikasi kuat kandidat dalam mendorong kemajuan teknologi penginderaan jauh dan riset antariksa Indonesia secara berkelanjutan.

Menerima Satyalancana Karya Satya 10 tahun (2008), Satyalancana Karya Satya 20 tahun (2013), Satyalancana Karya Satya 30 tahun (2023) dari Presiden RI.



## PRAKATA PENGUKUHAN

Bismillaahirrahmaanirrahiim.

Assalaamu'alaikum warahmatullaahi wabarakaatuh.

Salam sejahtera untuk kita semua.

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

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga dalam kesempatan ini 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 21 Mei 2026 (orasi dilaksanakan) menyampaikan orasi ilmiah dengan judul:

**“PENGEMBANGAN SISTEM CERDAS TEKNOLOGI  
PENGINDERAAN JAUH RADAR BERBASIS  
DATA SIAP ANALISIS UNTUK PEMANTAUAN  
LINGKUNGAN DAN KEBENCANAAN DI WILAYAH  
TROPIS”**



## I. PENDAHULUAN

Tantangan pemantauan lingkungan dan kebencanaan di Indonesia akan semakin dinamis dan kompleks. Laporan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC 2023) dan BMKG (2024) memperkirakan bahwa suhu udara rata-rata di Indonesia akan meningkat sekitar  $0,5^{\circ}\text{C}$  pada tahun 2030 dibandingkan era pra-industri. Kenaikan ini tampak kecil secara nominal, tetapi berdampak besar terhadap peningkatan intensitas dan frekuensi bencana hidrometeorologi, seperti kekeringan ekstrem, banjir bandang, dan gelombang panas di wilayah perkotaan, hingga meningkatnya risiko kebakaran hutan dan lahan dan degradasi lahan gambut yang memperburuk emisi karbon nasional. Data Kementerian Keuangan (Kemenkeu) menunjukkan bahwa sepanjang 2000–2016, bencana alam menimbulkan kerugian ekonomi rata-rata US\$ 1,54 miliar atau setara Rp 22,8 triliun per tahun (Kontan.co.id, 11 Juli 2023). Selain ancaman bencana geologi, kerusakan lingkungan akibat aktivitas manusia memperburuk risiko. KLHK (2023) mencatat kehilangan tutupan hutan primer seluas 104 ribu hektar pada tahun 2022. Angka ini mencerminkan urgensi pemantauan lingkungan dan kebencanaan yang lebih akurat dan sistematis. Keterlambatan deteksi dan mitigasi dapat menambah kerugian. Kerugian tersebut tidak hanya berdampak pada ekonomi nasional, tetapi juga menghambat pencapaian target pembangunan berkelanjutan.

Dalam menghadapi tantangan tersebut, pemantauan berbasis data lapangan saja tidak memadai, mengingat luasnya wilayah Indonesia dan kompleksitas tantangan yang dihadapi. Oleh

karena itu, teknologi penginderaan jauh menjadi solusi strategis untuk menyediakan data geospasial dalam cakupan luas, berkelanjutan, dan *real-time*. Awalnya, pemantauan Bumi di Indonesia didominasi oleh citra satelit optik yang menghasilkan gambar permukaan Bumi yang jelas dan detail, memudahkan analisis visual. Namun, keterbatasan ini muncul karena sensor optik tidak dapat menembus awan, kabut, atau asap dan tidak dapat digunakan pada malam hari. Di wilayah tropis seperti Indonesia, tutupan awan mencapai rata-rata 80,4% sepanjang tahun (Cahyono & Fearn, 2015), menyebabkan data optik sering tidak dapat dimanfaatkan tepat waktu, terutama saat bencana terjadi.

Seiring perkembangan teknologi, penginderaan jauh radar dalam hal ini *Synthetic Aperture Radar* (SAR) muncul menjadi solusi dalam beberapa aplikasi penting, karena mampu beroperasi siang malam dan tidak terhalangi oleh awan, kabut dan asap. SAR tidak lagi disebut sebagai “sumber informasi pelengkap” bagi teknologi penginderaan jauh lainnya. Tanpa SAR, efektivitas deteksi dini bencana akan berkurang, karena dapat menghambat respons cepat dan mitigasi yang tepat dalam upaya pengurangan risiko bencana yang pada akhirnya meningkatkan jumlah korban jiwa dan kerugian material akibat bencana. Hal ini menjadikan SAR sebagai salah satu alat paling penting dalam menghadapi tantangan pemantauan lingkungan global di era perubahan iklim. Dengan kata lain, SAR menjadi “mata di Langit” yang selalu terbuka bagi Bumi, memastikan data vital tetap tersedia meski kondisi alam tidak bersahabat.

Pada orasi ini, dideklarasikan sebuah gagasan besar tentang sistem cerdas penginderaan jauh radar berbasis data siap analisis yang mengintegrasikan antara data SAR dengan metodologi analitik modern berbasis komputasi cerdas untuk menghasilkan

informasi yang jauh lebih cepat, presisi, dan adaptif terhadap dinamika lingkungan. Melalui inovasi data siap analisis atau yang lebih sering disebut *Analysis Ready Data* (ARD) SAR, tidak lagi diwacanakan tentang data mentah yang menumpuk di server, melainkan data SAR siap analisis guna yang menggerakkan kebijakan. Bersama Kementerian Pertanian dan Badan Pusat Statistik, inovasi ARD SAR menegaskan bahwa data radar tidak berhenti pada piksel, tetapi harus bertransformasi menjadi pengetahuan yang memandu keputusan untuk meningkatkan akurasi estimasi pertumbuhan dan produktivitas padi hingga tingkat kecamatan. Hal ini merupakan suatu lompatan besar dalam sejarah pemantauan pertanian nasional yang berbasis sains, bukan sekadar survei konvensional.

Kebaruan yang dihasilkan tidak hanya sebatas teknis, melainkan paradigmatik. Melalui riset metode dan model pengolahan SAR yang lebih adaptif dan telah dihasilkan publikasi ilmiah hak kekayaan intelektual, purwarupa. Selain itu telah dibuktikan bahwa teknologi radar mampu menjawab persoalan nyata di berbagai sektor strategis: dari pemantauan lingkungan dan mitigasi bencana, pertanian presisi, hingga program pengurangan emisi karbon di wilayah tropis. Berikut ini ditunjukkan beberapa hasil riset yang telah dipublikasikan seperti pemetaan deforestasi hutan (Hoekman et al., 2020), estimasi luas area terbakar (Arjasakusuma et al., 2022), kajian pemetaan gambut (Novresiandi, Setiyoko, & Arief, 2023a), estimasi emisi karbon secara periodik yang digunakan dalam sistem MRV nasional untuk REDD+ (Hayati et al., 2022; N. Sari et al., 2023), mengukur pergeseran tanah akibat gempa bumi (Nugroho et al., 2023; Widodo et al., 2022, 2024), atau tanah longsor (Hayati, Royyan, & Arief, 2023), identifikasi area banjir (Hayati, Royyan, & Arief, 2023; Riyanto et al., 2022; Sudiana et al., 2024). Selain itu SAR juga efektif untuk memetakan

perkebunan akasia (I. L. Sari et al., 2025), estimasi emisi gas metana (CH<sub>4</sub>) di lahan sawah (Rahmi et al., 2024) dan klasifikasi luas lahan sawah dan pertumbuhan fase padi (Lestari et al., 2024) (Rizkinia et al., 2024).

Dengan demikian izinkan saya menyampaikan sari pati karya ilmiah ini adalah pengembangan sistem cerdas penginderaan jauh radar berbasis ARD yang mengintegrasikan polarimetri, interferometri, kecerdasan buatan, dan analitik big data untuk menghasilkan informasi geospasial yang cepat, konsisten, dan siap digunakan dalam pengambilan keputusan. Melalui lintasan riset dari desain sistem SAR hingga penerapan pada lingkungan, kebencanaan, pertanian, deformasi lahan, gambut, dan emisi karbon, karya ini menegaskan penginderaan jauh radar sebagai fondasi sistem pemantauan Bumi tropis yang adaptif, operasional, dan berdampak nasional.

Naskah orasi ini terbagi menjadi 6 bab utama. Bab I menyajikan pendahuluan sebagaimana disampaikan sebelumnya. Bab II membahas tren perkembangan teknologi dan pengolahan data SAR menuju ARD. Bab III menguraikan hasil riset dari pengembangan sistem cerdas berbasis data SAR, dengan metode polarimetri, interferometri, kecerdasan buatan, dan metode analitik untuk menghasilkan data dan informasi yang akurat, konsisten. Bab IV menjelaskan kontribusi sistem dalam penyelesaian permasalahan strategis nasional. Bab V menyajikan kesimpulan yang merangkum temuan utama dan implikasi ilmiah maupun praktis dari penelitian ini, dan Bab VI sebagai penutup memberikan refleksi akhir serta arah pengembangan teknologi SAR di masa depan, khususnya dalam mendukung sistem pemantauan lingkungan yang adaptif, presisi, dan berbasis data di wilayah tropis.

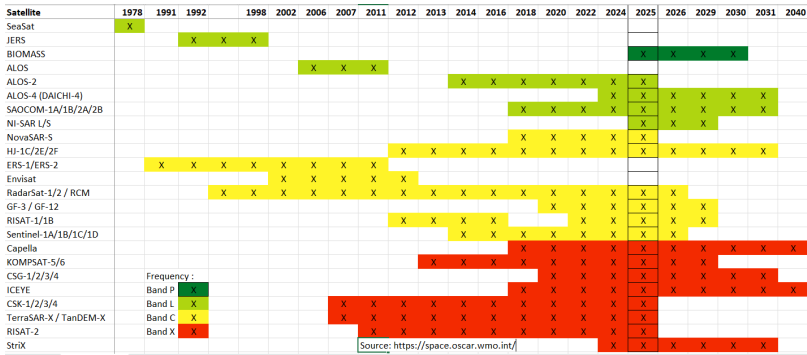
## II. TREND PERKEMBANGAN TEKNOLOGI DAN PENGOLAHAN DATA SAR

Teknologi SAR berkembang pada awalnya dari eksperimental militer menjadi teknologi observasi global. Kondisi saat ini ditandai oleh perkembangan sistem multi-satelit, metode pengolahan data SAR dan akses terbuka; sedangkan arah ke depan difokuskan pada integrasi *big data*, kecerdasan buatan, pengolahan berbasis *cloud*, automasi dan konstelasi satelit kecil untuk observasi *real-time*.

### A. Perkembangan Teknologi Satelit SAR

Pada masa awal, peluncuran satelit SAR didominasi oleh misi-misi eksperimental dan demonstrasi teknologi. Satelit-satelit generasi pertama umumnya beroperasi pada frekuensi tunggal, seperti pita L (Seasat tahun 1978), (JERS tahun 1992) dan pita C (ERS pada tahun 1991) dan hanya menawarkan polarisasi tunggal (Kramer, 2002). Fokus utama pada periode ini adalah membuktikan kelayakan teknologi SAR dari platform antariksa dan mengeksplorasi potensi aplikasinya dalam pengamatan permukaan bumi. Lanskap peluncuran satelit SAR sejak peluncuran satelit Radarsat tahun 1998 sampai sekarang telah mengalami transformasi signifikan dengan munculnya berbagai pemanfaatan data SAR untuk pemantauan Bumi dan lingkungan (lihat Gambar 1). Tren yang sangat menonjol adalah adopsi polarisasi ganda dan multi polarisasi secara luas, yang memungkinkan perolehan informasi yang lebih kaya tentang sifat fisik objek dan permukaan yang diamati, seperti satelit SAR Seri ALOS PALSAR ALOS-2 PALSAR-2, ALOS-4 PALSAR-3

(Pita L), ENVISAT, Radarsat, Sentinel-1 (pita C), TerraSAR-X, CosmoSkymed (pita X) dan NISAR (pita L dan pita S) yang baru saja diluncurkan pada tanggal 30 Juli 2025, juga *ESA BIOMASS Mission* (pita P), yang diluncurkan pada 29 April 2025. Hal ini membuka peluang besar untuk menjadikan data SAR sebagai bagian utama dalam sistem *Monitoring, Reporting, and Verification* (MRV) berbasis sains untuk estimasi biomassa tinggi di hutan primer seperti di Indonesia yang lebih akurat, komprehensif, dan dapat dipertanggungjawabkan di tingkat nasional maupun global.



**Gambar 1** Timeline satelit SAR: masa lalu, saat ini dan masa mendatang (Sumber: *space.oscar.wmo.int*)

Seiring meningkatnya ketersediaan data penginderaan jauh multi-sumber dan multi-temporal, celah riset kedepan makin meningkat riset komprehensif mengenai metode optimal penggabungan data SAR *multi-frequency* (Pita X, C, L, dan P) serta *multi-platform* (satelit SAR, satelit optik, dan wahana *drone*) untuk menghasilkan ARD-SAR multidimensi yang konsisten antar waktu dan antar sensor.

## B. Perkembangan ARD SAR

Kemunculan ARD dilatarbelakangi oleh kesenjangan peningkatan volume data satelit dan kapasitas pengguna untuk mengakses serta memanfaatkannya secara efektif. Banyak pengguna tidak memiliki keahlian, infrastruktur komputasi, maupun *bandwidth* internet yang memadai untuk memproses data mentah menjadi informasi siap analisis. Bahkan peneliti berpengalaman menghabiskan sebagian besar waktunya pada tahap persiapan data. Menanggapi kebutuhan tersebut, beberapa negara dan organisasi internasional mendorong *Committee on Earth Observation Satellites (CEOS)* untuk mengembangkan standar ARD guna memfasilitasi akses, pemrosesan, dan interoperabilitas data satelit.

Konsep ini diperkenalkan oleh CEOS pada pertengahan 2010-an melalui *Land Surface Imaging Virtual Constellation (LSI-VC)* pada satelit optik untuk mengharmonisasikan definisi, spesifikasi teknis, dan praktik pemrosesan secara global. Prinsip utama ARD mencakup konsistensi radiometrik, koreksi geometrik presisi tinggi, serta interoperabilitas lintas sensor dan lintas waktu, sehingga memungkinkan analisis multi-temporal dan multi-misi yang konsisten dan dapat direplikasi.

Di Indonesia, pengembangan ARD berbasis Landsat-8 diinisiasi oleh LAPAN pada periode 2014–2016 sebagai bagian dari strategi kemandirian nasional dalam penyediaan informasi geospasial satelit. Sistem ini mendukung pemantauan sumber daya alam, termasuk pemantauan hutan, sawah dan lingkungan. Selanjutnya, pengembangan ARD SAR dimulai pada periode 2015–2017 setelah data Sentinel-1 dari ESA tersedia secara publik. Karakteristik SAR yang mampu beroperasi sepanjang waktu dan segala kondisi cuaca memberikan solusi penting bagi wilayah tropis dengan tutupan awan tinggi. Inisiatif ini muncul

untuk memberikan kemudahan pengguna SAR dan produknya memperkuat fondasi kemandirian nasional dan mengurangi ketergantungan pada produk luar negeri.

Perkembangan global ARD semakin signifikan sejak 2020 ketika CEOS secara resmi menjadikan kerangka operasional dengan standar interoperabilitas internasional. CEOS mengadopsi strategi implementasi berbasis empat pilar: definisi kebutuhan pengguna dan spesifikasi teknis, jaminan produksi dan akses data, pelaksanaan proyek percontohan dan umpan balik, serta promosi dan adopsi global. Pada periode 2020–2025, spesifikasi ARD terus berkembang mencakup berbagai parameter, termasuk *Surface Reflectance*, *Nighttime Lights Radiance*, *Aquatic Reflectance*, dan SAR-ARD yang mencakup *Normalized Radar Backscatter*, *GSLC (Geocoded SLC)*, *Polarimetric ARD*, *InSAR ARD*. Integrasi ini memungkinkan analisis lingkungan yang konsisten, mendukung *data cube*, komputasi *cloud*, dan kecerdasan buatan. ARD kini menjadi fondasi utama infrastruktur observasi Bumi modern, mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti pada skala nasional dan global. Ke depan, standardisasi dan arsitektur *cloud-native* akan memperkuat interoperabilitas global serta membuka peluang pemanfaatan ARD secara operasional dan berkelanjutan di skala nasional dan internasional.

### **C. Perkembangan keterbukaan Data dan Akses data SAR**

Semenjak kebijakan data Copernicus yang dikoordinasi dan dikelola oleh Komisi Eropa, sebagaimana diatur dalam Regulasi (EU) 2021/696, merupakan contoh kebijakan data publik yang progresif dan berdampak besar. Dengan menyediakan akses penuh, bebas, dan terbuka terhadap data SAR seri Sentinel dan data pengamatan Bumi lainnya, Komisi Eropa telah

berhasil mendorong inovasi, mendukung penelitian ilmiah, memberdayakan pengambilan keputusan berbasis bukti, dan memfasilitasi pengembangan aplikasi komersial di berbagai sektor. Melalui kebijakan data public ini, hambatan finansial yang sebelumnya membatasi akses bagi banyak pengguna, terutama lembaga riset dengan anggaran terbatas, pemerintah daerah, dan organisasi non-profit, dapat diatasi. Kebijakan ini menjadi model bagi inisiatif data publik lainnya di seluruh dunia, termasuk rencana kebijakan data gratis untuk misi seperti NISAR, ALOS PALSAR dan data lainnya. Dengan demikian, kebijakan data publik menjadi katalisator penting dalam mendemokratisasi akses terhadap informasi geospasial yang berharga ini.

Lebih lanjut, kebijakan data publik yang efektif disertai dengan penyediaan infrastruktur dan alat yang mendukung pemrosesan dan analisis data SAR. Platform berbasis cloud, seperti *Copernicus hub*, *Alaska Satellite Facility*, *NASA Explorer*, *Google Earth Engine*, AWS dll, perangkat lunak sumber terbuka, dan dokumentasi yang komprehensif mempermudah pengguna dari berbagai latar belakang keahlian untuk memanfaatkan data SAR. Hal ini mempercepat pengembangan algoritma baru, validasi metode pemantauan, dan integrasi data SAR dengan sumber informasi lainnya. Selain itu, ketersediaan data publik yang terstruktur dan terstandarisasi juga memfasilitasi kolaborasi antar peneliti, lembaga pemerintah, dan sektor swasta, mendorong terciptanya solusi yang lebih inovatif dan efektif dalam pengelolaan sumber daya alam dan mitigasi bencana.

Dalam konteks pemantauan lingkungan, akses yang lebih mudah memungkinkan pemantauan deforestasi, perubahan tutupan lahan, dan kualitas air secara lebih sering dan dengan biaya yang lebih rendah. Dalam mitigasi bencana, data SAR publik dapat mendukung pemetaan risiko, analisis dampak, dan

respons yang lebih cepat dan terkoordinasi. Dengan demikian, kebijakan data publik yang dirancang dengan baik menjadi fondasi yang kuat untuk memaksimalkan potensi teknologi SAR demi kepentingan yang lebih luas.

#### **D. Arah dan Peluang Riset Lanjutan Penginderaan Jauh Radar**

Meskipun perkembangan teknologi SAR sudah sangat pesat, dalam 10-20 tahun ke depan, teknologi ini sangat berpotensi berkembang dan berikut ini celah riset di masa depan.

- 1) Konstelasi satelit kecil & revisit cepat dari banyak operator komersial/negara; untuk deteksi kejadian secara *real time* dilengkapi dengan *on-board preprocessing* berbasis kecerdasan buatan.
- 2) Seiring dengan data multi-sumber dan multi-temporal perlu dikaji metode penggabungan data *multi-frequency* (pita C, L, P dan X) dan *multi-platform* (data SAR, data optik, drone dan data lapangan) secara optimal untuk menghasilkan ARD SAR multidimensi (posisi, ketinggian, waktu, frekuensi) yang konsisten antar waktu dan antar sensor.
- 3) ARD SAR dan DRP tergabung menjadi standar operasional. ARD-SAR lintas-misi menjadi format baku dan menjadi masukan untuk DRP (indikator siap-keputusan) terstandar berbasis *big data* dan pengolahan *cloud* menjadi sistem otonom untuk berbagai aplikasi terutama lingkungan dan kebencanaan.
- 4) Sebagian besar algoritma dan model dikembangkan di wilayah beriklim sedang, sehingga perlu ada riset adaptif yang menyesuaikan dengan kondisi tropis Indonesia, seperti tutupan awan permanen, vegetasi heterogen, gambut, riset

estimasi karbon untuk kehutanan dan pertanian.

- 5) Penggunaan metode kecerdasan buatan untuk klasifikasi berbasis data SAR menghasilkan akurasi tinggi, namun masih terbatas pada aspek interpretabilitas fisik—model sering dipandang sebagai *black box* tanpa keterhubungan langsung dengan parameter hamburan radar.
- 6) Pemantauan deformasi 3D+waktu (4D) untuk *digital twin* kota/ekosistem yang diperbarui otomatis dari SAR dan sensor lapangan, dipakai untuk perencanaan dan tanggap darurat, infrastruktur, dan dinamika vegetasi menjadi layanan berlangganan.



### **III. PENGEMBANGAN SISTEM CERDAS PENGINDERAAN JAUH RADAR**

Bab ini memproklamasikan kontribusi ilmiah utama yang dihasilkan dari rangkaian penelitian dan penerapan penginderaan jauh radar sepanjang perjalanan keilmuan penulis. Kontribusi tersebut menegaskan keyakinan ilmiah bahwa data SAR yang diolah dalam kerangka ARD dan dipadukan dengan kecerdasan buatan mampu membentuk sistem observasi Bumi tropis yang adaptif, konsisten, dan operasional. Kebaruan ilmiah kontribusi ini terletak pada konvergensi dan penyempurnaan konsep ARD, polarimetri, interferometri, dan analitik cerdas yang dirancang khusus untuk menjawab kompleksitas lingkungan tropis, sehingga menghasilkan model dan desain sistem yang melampaui pendekatan konvensional. Berikut ini saripati riset mulai dari awal hingga terbaru.

#### **A. Kajian Prinsip Dasar Desain SAR dan Kebutuhan satelit SAR nasional**

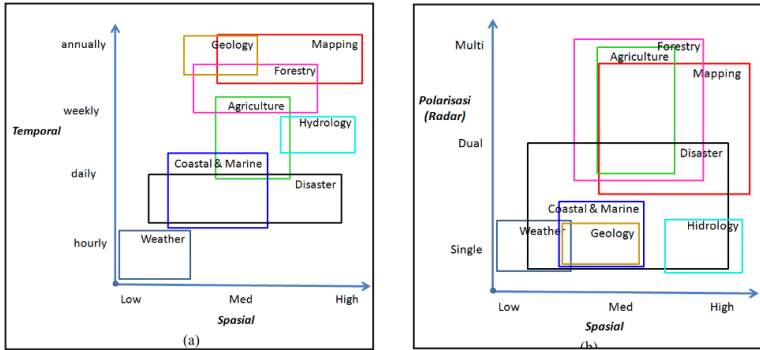
Perjalanan riset dimulai dengan membahas hal hal yang sangat mendasar yang mendukung temuan dalam pengembangan sistem cerdas penginderaan jauh SAR. Partisipasi aktif dalam forum ilmiah dan teknis juga memainkan peran krusial. Workshop pengolahan dan pemanfaatan data ALOS pada tahun 2018 yang diselenggarakan oleh LAPAN dan JAXA, memberikan kesempatan pertama kali untuk berinteraksi langsung dengan para ahli dan memperkuat pemahaman teoritis dan praktis serta perkembangan terkini dalam teknologi SAR. Pengalaman berkolaborasi dengan institusi dan tokoh terkemuka di komunitas

SAR internasional juga memberikan kontribusi signifikan, antara lain : program *Visiting Researcher* di JAXA Campus Sagamihara, Jepang tahun 2009, program *Visiting Researcher* di Laboratorium SAR terkemuka JMRSI Chiba University di bawah supervisi Prof. Josaphat Tetuko Sri Sumantyo pada tahun 2012 dan program Kyoto Carbon Initiative yang diadakan oleh JAXA sejak tahun 2016 sampai sekarang. Lebih lanjut, kolaborasi internasional melalui workshop, seperti yang diselenggarakan antara LAPAN dan DLR Jerman pada tahun 2009, membuka peluang untuk bertukar pengetahuan dan pengalaman dengan para pengembang teknologi SAR terkemuka., termasuk satelit TerraSAR-X.

Kegiatan penelitian pada tahap ini didorong oleh sebuah pertanyaan fundamental: parameter-parameter penting apa saja yang perlu diperhatikan dalam mendesain muatan SAR atau saat melakukan pengadaan satelit SAR? Pertanyaan ini sangat relevan, mengingat pentingnya memastikan bahwa spesifikasi teknis yang diperoleh sesuai dengan kebutuhan nasional dan tidak merugikan negara. Untuk menjawab pertanyaan diatas, telah diteliti prinsip dasar teknologi SAR dan beberapa karya tulis ilmiah telah dipublikasikan dan secara paralel telah dikembangkan sebuah inovasi purwarupa berupa perangkat lunak simulator yang mensimulasikan proses akuisisi citra SAR dari sistem payload SAR dan pengolahan awal data data mentah menjadi data terproses.

Penelitian (Kushardono et al., 2016) telah melakukan inventarisasi kebutuhan informasi penginderaan jauh di Indonesia, yang selanjutnya dipergunakan untuk melakukan perumusan awal spesifikasi sensor satelit radar yang diharapkan

dapat dipergunakan untuk mendukung pembangunan satelit penginderaan jauh nasional.



**Gambar 2** Kebutuhan spesifikasi sensor satelit tiap bidang pemanfaatan terhadap resolusi spasial dengan resolusi temporal dan polarisasi radar.

Hasil penelitian ini seperti pada Gambar 2 menjelaskan informasi spesifikasi sensor SAR untuk pemantauan sumberdaya wilayah darat yang meliputi pertanian, kehutanan, geologi, hidrologi dan pemetaan, membutuhkan resolusi temporal tinggi hingga rendah, resolusi spasial tinggi hingga menengah, dan membutuhkan multi polarisasi radar. Pemantauan wilayah laut membutuhkan resolusi temporal tinggi, resolusi spasial menengah hingga rendah, dan cukup polarisasi tunggal. Sedangkan untuk kebencanaan dibutuhkan citra satelit resolusi temporal tinggi, resolusi spasial juga tinggi hingga menengah, dan cukup dual polarisasi radar.

Kajian lebih lanjut untuk tiap misi satelit penginderaan jauh radar perlu dilaksanakan agar mendapatkan spesifikasi sensor yang lebih detail, seperti jenis gelombang dan kemiringan sensor dikaitkan dengan jenis objek permukaan yang dipantau.

Riset analisis parameter utama sensor SAR mencakup studi komprehensif mengenai hubungan antara parameter-parameter kunci, seperti frekuensi radar, kecepatan pesawat, ketinggian terbang, sudut datang, dan dimensi antena, dengan resolusi spasial yang diinginkan. Secara paralel, dikembangkan perangkat lunak simulasi yang merepresentasikan parameter sistem SAR serta memvisualisasikan proses pembentukan citra secara komprehensif. Inovasi ini berperan strategis dalam penentuan spesifikasi payload nasional sekaligus meningkatkan efektivitas riset, pendidikan, dan percepatan pemahaman konsep dasar SAR di Indonesia (Musyarofah et al., 2013) (Soleh et al., 2013), (Kushardono et al., 2016; Musyarofah et al., 2014; Soleh & Arief, 2014a, 2014b).

## **B. Riset Pengembangan Data Siap Analisis SAR**

Data Siap Analisis atau ARD SAR merupakan salah satu inovasi penting dalam pengembangan sistem cerdas penginderaan jauh berbasis radar. Menurut (Truckenbrodt et al., 2019), ARD SAR menjawab sebuah permasalahan yang sering muncul, ketika pengguna harus mendapatkan data mentah SAR dan melakukan proses pengolahan data mandiri yang begitu panjang dan rumit untuk memproduksi informasi yang diinginkan. Alasan pertama mengapa data ARD SAR sangat diperlukan adalah efisiensi Waktu. Data ARD memungkinkan pengguna untuk langsung melakukan analisis dan interpretasi, tanpa harus terjebak proses pemrosesan data awal yang membutuhkan waktu cukup lama. Yang kedua kualitas terstandar. Data siap analisis diolah melalui proses kalibrasi, koreksi geometri, dan pemrosesan lainnya yang mengikuti standar tertentu, sehingga kualitas data terjamin. Hal ini mengurangi kesalahan manusia dalam proses pemrosesan data. Yang ketiga adalah aksesibilitas. ARD dapat diakses oleh

pengguna dengan berbagai latar belakang dan tingkat keahlian dari level pemula sampai ahli serta disertai dengan metadata dan dokumentasi yang lengkap serta tersedia dalam format umum. Sehingga data ARD dapat diproses menggunakan berbagai perangkat lunak analisis data dan memiliki fleksibilitas dalam penggunaan perangkat lunak umum untuk analisis serta mudah diintegrasikan dengan sistem informasi geografis lainnya.

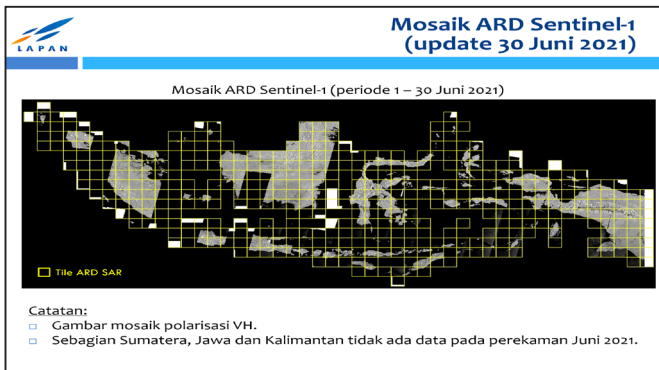
Kebaruan hasil riset riset ARD SAR dari satelit Sentinel-1 dan ALOS-2 PALSAR-2 di Indonesia telah dipublikasikan pada bentuk hak kekayaan intelektual, publikasi ilmiah berskala global, dan purwarupa perangkat lunak berlisensi. Hak kekayaan intelektual hasil riset telah tersertifikasi mengenai perangkat lunak otomatis untuk mengunduh data dan pengolahan ARD SAR Sentinel-1. Beberapa publikasi ilmiah telah diterbitkan antara lain pengembangan sistem otomatis pengolahan data ARD SAR di LAPAN (Budiono et al., 2020), pengembangan metode mosaik dengan mereduksi noise pada pinggir citra Sentinel-1 data (Dyatmika et al., 2019), analisis perbandingan data Level-1 Sentinel-1 (SLC dan GRD) menggunakan perangkat lunak SNAP dan GAMMA (Amriyah et al., 2019), dan pengembangan perangkat lunak pembuatan mosaik secara otomatis (Dyatmika et al., 2023) dan analisa penggunaan *filter speckle* pada data Sentinel-1 single dan multitemporal (Indriasari et al., 2020) serta evaluasi untuk mendukung kegiatan pemantauan padi (Novresiandi et al., 2024) (Novresiandi, Setiyoko, Indriasari, et al., 2023). Purwarupa berupa perangkat lunak pengolahan ARD Sentinel-1, dan katalog web ARD SAR menyediakan akses terintegrasi bagi pengguna data untuk digunakan untuk pemantauan lingkungan dan sumber daya alam (lihat Gambar 3 dan 4).

Hasil riset ARD SAR telah diimplementasikan kolaborasi LAPAN, sekarang dilanjutkan oleh BRIN dengan Kementerian

Pertanian untuk estimasi fase pertumbuhan padi dan distribusi bibit, pupuk, alat berat pada sistem monitoring pertanian nasional. Bersama Badan Pusat Statistik, dikembangkan metode gabungan penginderaan jauh SAR dan Kerangka Sampel Area (KSA) guna mendukung estimasi produksi panen berbasis data objektif.



**Gambar 3** Katalog web Analysis Ready Data (ARD) SAR

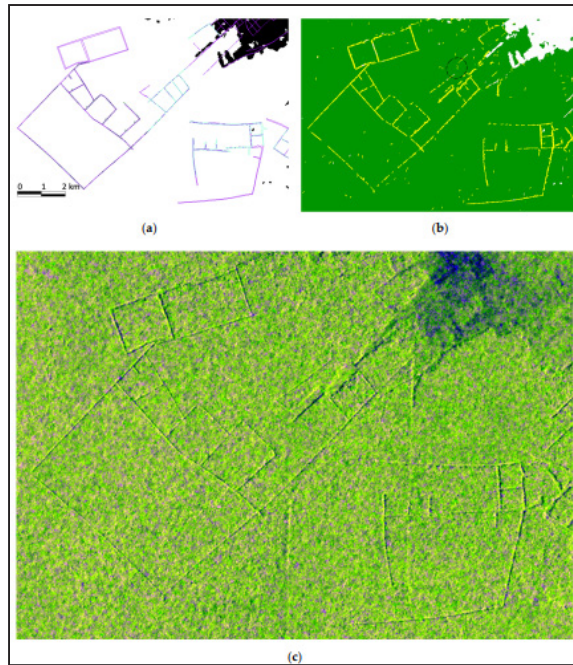


**Gambar 4** Produk ARD SAR Sentinel-1 dengan cakupan seluruh Indonesia dan komposit produk gamma naught polarisasi VV dan VH

### C. Riset Model Cerdas Berbasis Data SAR untuk Degradasi dan Deforestasi Hutan

Kebaruan dari riset ini difokuskan pada deteksi perubahan jalan dan lahan hutan pada area kecil akibat aktivitas logging menggunakan data Sentinel-1 dan analisis deret waktu (*time series*). Model ini mampu mengukur celah kanopi skala kecil, dan diuji dengan data optik resolusi tinggi SPOT6/7 di lanskap hutan Kalimantan. Dengan pengaturan tingkat alarm palsu (FAR) <1% dan tingkat kepercayaan 90%, metode ini mendeteksi celah sempit seperti jalan setapak dan kanal dengan akurasi 85,5% (Hoekman et al., 2020). Dibandingkan citra optik, data SAR lebih efektif mendeteksi degradasi yang tidak cepat hilang meskipun vegetasi tumbuh kembali, bahkan mempunyai kelebihan dapat mendeteksi jalan setapak atau celah yang sulit terlihat pada citra resolusi tinggi SPOT 6/7, seperti pada Gambar 5.

Hasil riset lainnya yang mendukung degradasi hutan salah satunya pengembangan metodologi estimasi area terbakar menggunakan kecerdasan buatan. Dengan menggabungkan metode CNN dan RF (Sudiana, Lestari, et al., 2023) diperoleh estimasi area terbakar dengan akurasi sampai 97% dibandingkan dengan data SPOT 6/7 sebagai referensi. Penelitian lain dengan metodologi fusi data sensor SAR (Sentinel-1) dan optik (Sentinel-2) dengan teknik pembelajaran mesin *gradient boosting* dan *random forest* dengan akurasi 91.80% dan 95.80% (Arjasakusuma et al., 2022) untuk memetakan area terbakar secara bulanan di Provinsi Sumatera Selatan. Penelitian (Prasasti et al., 2020) memanfaatkan sinergi data sebelum dan sesudah kejadian dari Sentinel-1 dan Landsat-8 OLI untuk mengidentifikasi area terbakar pada musim kebakaran 2019 (Prasasti et al., 2020).



**Gambar 5** (a) Data referensi peta kanal hasil digitasi manual dari SPOT-6/7 tanggal 08.09.2017 ; (b) hasil deteksi peta kanal dari Sentinel-1 20170907 dari algoritma yang diusulkan; (c) Citra Sentinel-1 tanggal 07.09.2017

#### **D. Riset Pemetaan Lahan Gambut dan Emisi CO<sub>2</sub>**

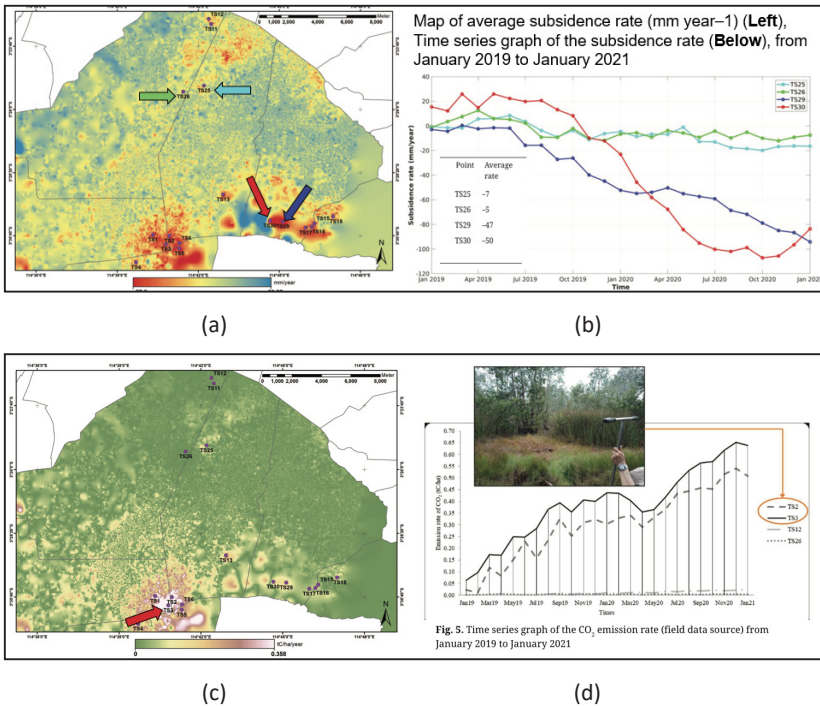
Subbab ini membahas kebaruan riset dalam pemanfaatan teknologi penginderaan jauh SAR untuk analisis ekosistem lahan gambut di Indonesia, yang memiliki kompleksitas tinggi baik secara fisik maupun biologis. Novresiani dkk menyoroti bagaimana data radar ALOS PALSAR dan Sentinel-1 dapat dimanfaatkan untuk mengkaji kondisi hidrologis, mendeteksi perubahan lahan, dan memperkirakan cadangan karbon pada

lahan gambut terutama di Sumatra dan Kalimantan. Kajian ini merekomendasikan karakteristik data SAR yang cocok, model prediktif yang adaptif dan perlunya integrasi data multi sensor dan terhadap dinamika ekosistem gambut (Novresiandi, Setiyoko, & Arief, 2023b). Hasil riset pemodelan klasifikasi lahan gambut menggunakan data ALOS PALSAR dengan teknik dekomposisi polarimetri seperti *Freeman-Durden* dan *Radar Vegetation Index (RVI)* untuk mengidentifikasi kategori lahan gambut, termasuk vegetasi gambut, lahan terbuka, dan daerah transisi di di kawasan Sungai Siak, Riau. Kombinasi data polarimetri dengan fitur tambahan jarak terhadap sungai terbukti meningkatkan akurasi klasifikasi dengan nilai *overall accuracy* 76% dan Kappa 0.66 (Novresiandi & Nagasawa, 2017).

Pada tahun 2019, kebakaran hutan telah merusak 2.400 ha lahan, yang menyebabkan dekomposisi permukaan gambut, penurunan permukaan tanah, dan pelepasan karbon ke atmosfer dalam bentuk CO<sub>2</sub>. Penelitian (Widodo et al., 2021) mengkaji pemetaan potensi risiko kebakaran hutan di lahan gambut dengan mendeteksi subsidensi lahan gambut melalui metode interferometri dan dikombinasikan dengan model Wosten. Lahan gambut yang sudah surut identik dengan lahan gambut yang kering sehingga mudah terbakar.

Metode PS-InSAR menunjukkan bahwa subsidensi teridentifikasi pada 6.920,5 ha lahan gambut dengan penurunan tanah tertinggi sampai -50 mm per tahun di Kecamatan Landasan Ulin, Kabupaten Banjarbaru antara Januari 2019 dan Januari 2021 (Hayati et al., 2022) dan (N. Sari et al., 2023). Data kandungan karbon yang dikumpulkan melalui survei lapangan dan situs web (GSOCMap dan Zenodo) digunakan untuk mengestimasi emisi CO<sub>2</sub>. Estimasi emisi CO<sub>2</sub> yang tertinggi menunjukkan 0,29 t C/ ha/tahun dan 0,04 t C/ha/tahun di

Kecamatan Beruntung Baru, Kalimantan Selatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



**Gambar 6** (a) Peta laju penurunan tanah dari metode PS-INSAR (b) grafik penurunan tanah di 4 tempat pengamatan (c) Laju rata rata emisi CO<sub>2</sub> seluruh area (d) laju rata rata emisi CO<sub>2</sub> pada titik (TS2, TS3, TS12, TS26) (sumber: GSOCMap dan OpenLand- Map periode Januari 2019 – Januari 2021)

Kolaborasi dengan JAXA sejak 2016 melalui Kyoto and Carbon Initiative menyediakan akses data ALOS PALSAR dan ALOS-2 PALSAR-2 sebagai fondasi pengembangan analisis

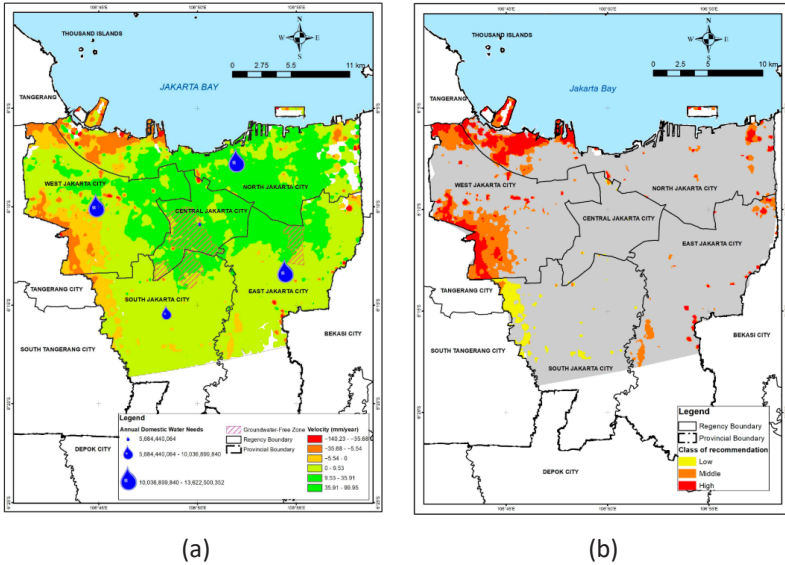
spasial gambut. Sinergi ini memperkuat sistem pemantauan radar yang akurat, berkelanjutan, dan adaptif di ekosistem tropis Indonesia.

### **E. Riset Penurunan Tanah di Zona Rawan Bencana dan Kota Besar di Indonesia**

Kebaruan riset berikutnya difokuskan mengeksploitasi data SAR untuk estimasi deformasi dan penurunan tanah menggunakan metode interferometri SAR. Studi kasus di Jakarta telah dikembangkan. menggunakan metode PS-InSAR pada 29 citra multitemporal TerraSAR-X dari 2017–2021 yang menunjukkan penurunan tanah signifikan, yakni sekitar -9,85 cm di Pantai Indah Kapuk dan -5,63 cm di Kembangan (Widodo et al., 2022). Publikasi (Widodo et al., 2025) berjudul “*Technical and Policy Analysis: Time Series of Land Subsidence for the Evaluation of the Jakarta Groundwater-Free*” mengkaji isu kritis penurunan muka tanah di Jakarta ini melalui pendekatan terpadu antara analisis teknis dan evaluasi kebijakan. Penelitian ini mengklasifikasikan wilayah administratif Jakarta ke dalam tiga tingkat prioritas untuk penerapan kebijakan zona bebas air tanah. Urutan prioritas dimulai dari yang paling tinggi hingga paling rendah, yaitu: Jakarta Barat, Jakarta Utara, Jakarta Selatan, Jakarta Timur, dan Jakarta Pusat. Namun demikian, zona bebas air tanah yang ditetapkan berdasarkan Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 93 Tahun 2021 justru lebih difokuskan pada wilayah tengah, sehingga terdapat ketidaksesuaian spasial yang signifikan antara kebijakan dan realitas geoteknis di lapangan (Lihat Gambar 7).

Implikasi dari hasil ini menekankan pentingnya integrasi data spasial *time-series* dengan pendekatan kebijakan yang adaptif dan berbasis bukti (*evidence-based policy*) guna mendukung

mitigasi penurunan tanah secara efektif dan berkelanjutan di wilayah perkotaan padat seperti Jakarta.



**Gambar 7** (a) Zona bebas air tanah berdasarkan Peraturan Gubernur Nomor 93 Tahun 2021 dengan laju penurunan tanah per tahun (mm) di Jakarta dan penggunaan air tanah (dalam liter) selama periode pengambilan data dari 12 Juni 2017 hingga 6 Juni 2020 (b) Peta rekomendasi zonasi untuk zona bebas air tanah dengan mempertimbangkan penurunan tanah dan kebutuhan air domestik di Jakarta.

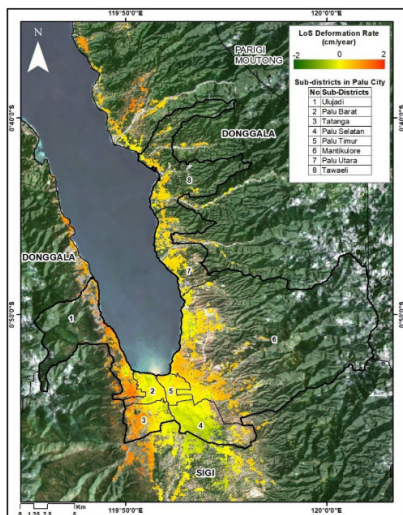
Metode interferometri SAR, seperti PS-InSAR terbukti bermanfaat untuk pemodelan penurunan tanah skala luas dan cepat. Penurunan tanah umumnya dipicu pengambilan air tanah berlebih, namun faktor seperti deformasi tanah dan perubahan geologi juga dapat mempercepat prosesnya, sehingga

diperlukan penelitian lanjutan terutama verifikasi lapangan untuk memastikan keterkaitannya dengan faktor geologi. Tidak hanya Jakarta, kota-kota pesisir di pantai utara Jawa sering mengalami penurunan tanah. Pekalongan di Jawa Tengah adalah salah satu contohnya. Analisis PS-InSAR dengan menggunakan data deret waktu ALOS-2 PALSAR-2 dari tahun 2014 hingga 2022 menunjukkan penurunan muka tanah sampai -11 mm/tahun dan telah dibandingkan dengan data pengukuran lapangan GPS geodetik (Widodo et al., 2023).

Riset sebaran dan laju kecepatan deformasi berbasis metode interferometri SAR telah diterapkan setelah kejadian gempa bumi. Metode DinSAR telah diimplementasikan pada data SAR Sentinel-1 untuk mempelajari potensi kerusakan yang diakibatkan oleh gempa dengan ditunjukkan adanya penurunan yang signifikan di Bandung dan Malang (Sudiana et al., 2014) (Sudiana et al., 2014). Kejadian gempa bumi pada tanggal 28 September 2018 di Palu yang menelan banyak korban juga diamati perubahan posisi permukaan tanah hingga skala milimeter dengan menggunakan data SAR Sentinel-1 dari tahun 2018 (setelah gempa) hingga tahun 2021 telah digunakan menggunakan metode SBAS. (Nugroho et al., 2023).

Gambar 8 menunjukkan nilai deformasi mencapai -15 mm/tahun di Kecamatan Palu Selatan dan 24 mm/tahun di Mantikulore. Di sisi barat Palu, terdapat batas yang jelas antara daerah yang terangkat dan turun. Berdasarkan peta Zona Rawan Bencana Kota Palu dan sekitarnya, daerah tersebut merupakan bagian dari jalur sesar Palu Koro. Bagian tengah Kota Palu mengalami penurunan tanah, sedangkan di sisi timur terjadi pengangkatan dan penurunan tanah. Dampak dari gempa ini menyebabkan rusaknya bangunan permukiman dan infrastruktur, memicu terjadinya longsor dan banjir bandang,

menimbulkan banjir rob. Oleh karena itu, peninjauan kembali rencana pengembangan wilayah diperlukan untuk mengurangi dampak kerusakan tersebut.



(a)

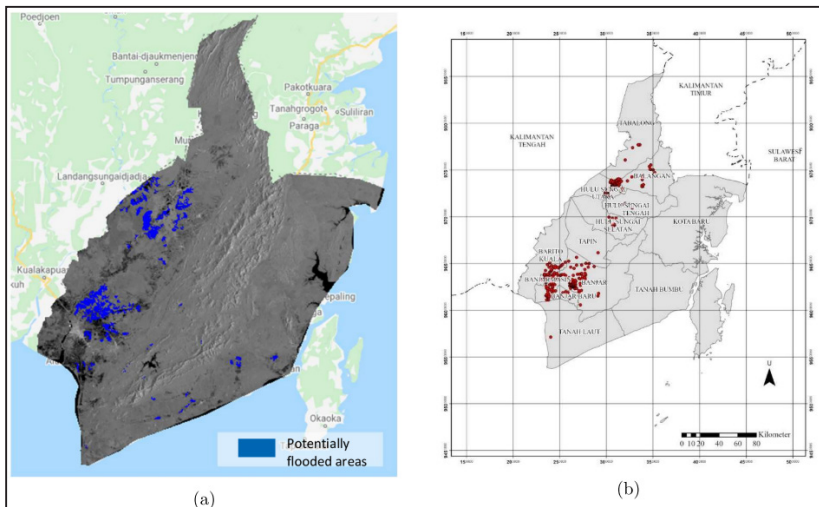
No.	Sub-districts	Identified Area (%)	Deformation Rate (cm/year)		
			Min.	Max.	Mean
1	Ulujadi	18	-0,9	2,1	0,8
2	Palu Barat	87	-0,8	1,6	0,1
3	Tatanga	70	-1,0	1,5	0,4
4	Palu Selatan	61	-1,5	1,2	-0,2
5	Palu Timur	99	-0,6	0,8	0,1
6	Mantikulore	11	-1,0	2,4	0,3
7	Palu Utara	22	-0,8	1,2	0,3
8	Tawaeli	10	-0,5	1,7	0,4

(b)

**Gambar 8** (a) Peta deformasi *Line of Sight (LoS)* di area kota Palu dan sekitarnya dan ditumpangkan pada citra optik Sentinel-2 (b) Laju deformasi *LoS* di masing masing kecamatan

## F. Riset Sistem Deteksi dan Pemetaan Banjir Otomatis Berbasis Pembelajaran Mesin

Perilaku sinyal hambur-balik SAR terhadap air memiliki karakteristik yang sangat khas dan menjadi salah satu indikator paling mudah dikenali dalam interpretasi citra radar. Air menyerap energi radar lebih banyak dibanding tanah atau vegetasi. Pada citra SAR, objek air mempunyai nilai hambur-balik rendah atau tampak sangat gelap. Riset penentuan area banjir telah dikembangkan dengan studi kasus di Kalimantan Selatan dekat sungai Barito (Hayati, Royyan, & Arief, 2023). Peta partisipatif peristiwa banjir masyarakat memberikan konfirmasi pada hasil riset diatas seperti pada Gambar 9.



**Gambar 9** (a) Wilayah yang tergenang di Kalimantan Selatan yang dihasilkan dari pendekatan deteksi perubahan sebelum dan setelah peristiwa banjir menggunakan Citra Sentinel-1 (b) Peta partisipatif peristiwa banjir yang dibuat oleh masyarakat yang terdampak banjir, yang dapat diakses melalui pemerintah Kalimantan Selatan melalui [geoservice.kalselprov.go.id](http://geoservice.kalselprov.go.id)

Temuan berikutnya untuk memetakan potensi banjir di wilayah aliran sungai Pesanggrahan di Jakarta Selatan menggunakan metode pembelajaran dalam yaitu jaringan saraf konvolusi tiga dimensi (3D-CNN) pada citra SAR multi-temporal (Riyanto et al., 2019), (Riyanto et al., 2022) dan (Sudiana et al., 2024). Hasil temuan menunjukkan bahwa model dapat meningkatkan kemampuan prediksi dan pemetaan banjir di daerah perkotaan, memberikan alat yang efektif untuk manajemen risiko dan mitigasi bencana. Penggunaan data LiDAR memungkinkan pemetaan topografi dengan resolusi tinggi, sehingga membantu dalam prediksi yang lebih akurat mengenai distribusi dan dampak banjir.

## **G. Riset Pertanian Presisi Cerdas dan Ramah Lingkungan Berbasis SAR**

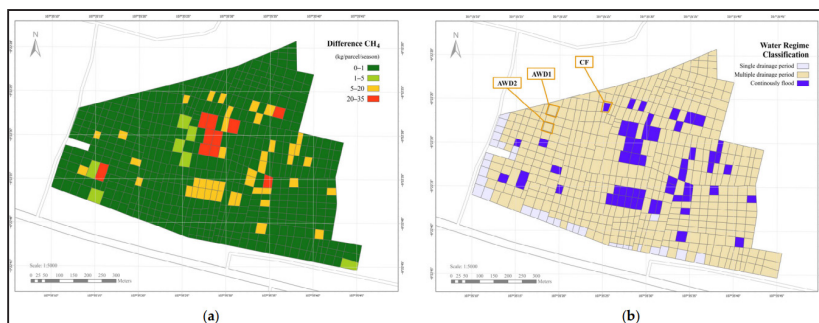
Dalam konteks pertanian, sebuah studi bibliometrik terbaru oleh (Gustiandi et al., 2024) mengungkapkan bahwa penggunaan SAR untuk pemetaan sawah semakin masif sejak 2017, seiring dengan ketersediaan data terbuka seperti Sentinel-1. Studi ini mengidentifikasi kontribusi publikasi dengan pendekatan interpretasi citra SAR, eksploitasi sinyal hambur palikan terutama pada polarisasi ganda, sampai pembelajaran mesin seperti RF, CNN dll. Kajian penting bidang ini adalah menganalisis karakteristik hambur-balikan SAR dan turunannya seperti RVI serta fitur *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM), guna mempelajari fenologi pertumbuhan padi di area Subang, salah satu sentra padi Indonesia (Amriyah et al., 2019), (Novresiandi, Setiyoko, Indriasari, et al., 2023) dan (Novresiandi et al., 2024). Temuan ini menjadi masukan penting bagi otomasi pipeline pengolahan ARD SAR di tingkat operasional nasional, khususnya untuk mendukung pemantauan pertanian berbasis Sentinel-1.

Dalam konteks klasifikasi lahan sawah, dikembangkan metode klasifikasi yang menggabungkan fitur tekstur GLCM

dengan pembelajaran mesin CNN menghasilkan akurasi keseluruhan hingga 92,75%, jauh lebih tinggi dibandingkan pendekatan berbasis polarisasi tunggal maupun ganda (Rizkinia et al., 2024). Lebih lanjut, pendekatan hibrida CNN-RF dikembangkan untuk klasifikasi sawah di Indramayu dengan menggabungkan nilai hamburalik data Sentinel-1 dan pita merah dan inframerah pada satelit optik Sentinel-2 menghasilkan akurasi sangat tinggi dengan akurasi OA 98,23% dan Kappa 0,96 (Sudiana et al., 2025). Hasil ini menjadikannya salah satu pendekatan paling akurat hingga saat ini. Selain itu, perangkat lunak pengolah hasil riset ini juga telah diajukan hak ciptanya (Lestari et al., 2024), menunjukkan potensi aplikasi praktis dari sistem klasifikasi ini untuk mendukung pemantauan lahan pertanian nasional secara efisien dan akurat.

Riset dengan kebaruan lainnya di sektor pertanian adalah sebuah kegiatan riset untuk membangun model spasial pengelolaan pertanian ramah lingkungan dalam rangka untuk menekan emisi gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan meningkatkan efisiensi penggunaan air di lahan sawah berdasarkan pendekatan penginderaan jauh multi sensor (Rahmi et al., 2025). Program ini merupakan sebuah riset kolaborasi beberapa institusi dari BRIN Indonesia, JAXA Jepang, VNSC Vietnam, ISRO India, Philsa Pilipina, PUST Bangladesh, dan GITSDA Thailand dalam proyek SAFE yang bernama CH4RICE. Menurut IPCC dan FAO, lahan sawah menyumbang sekitar 10–12% emisi metana global. Dengan memanfaatkan citra satelit optik resolusi tinggi untuk penentuan batas sawah, Sentinel-1 untuk estimasi umur padi, dan ALOS-2/PALSAR-2 untuk identifikasi pola pengairan *continuous flooding* (CF) dan *Alternate Wet and Drying* (AWD), penelitian ini berhasil memetakan distribusi spasial emisi  $\text{CH}_4$  secara lebih akurat di Kabupaten Subang. Validasi dilakukan melalui pengukuran lapangan metode *closed*

*chamber* pada titik sampling sawah. Hasil menunjukkan bahwa sistem CF menghasilkan emisi  $\text{CH}_4$  lebih tinggi dibanding AWD, dengan kisaran 1–5 kg hingga 20–30 kg  $\text{CH}_4$  per musim tanam seperti pada Gambar 10. Selain publikasi ilmiah, telah disusun dan didaftarkan hak cipta atas *Dataset Emisi Gas Metana ( $\text{CH}_4$ ) di Lahan Sawah Alternate Wetting and Drying (AWD) dan Continuous Flooding (CF) Kabupaten Subang* (Rahmi et al., 2024). Dataset ini memuat data hasil pengukuran emisi gas  $\text{CH}_4$  di lapangan yang telah terstandarisasi, serta informasi spasial hasil ekstraksi dari citra satelit terkait luasan lahan, umur tanaman, dan kondisi pengairan. Dataset ini memiliki nilai strategis sebagai sumber data nasional pertama yang menggabungkan pengukuran emisi  $\text{CH}_4$  berbasis lapangan dengan parameter penginderaan jauh, dan dapat digunakan untuk kalibrasi dan validasi model-model emisi GRK di lahan pertanian. Riset ini menjadi bagian penting dalam mendukung pencapaian target penurunan emisi gas rumah kaca (GRK) di sektor pertanian, sebagaimana diamanatkan dalam dokumen *Updated Nationally Determined Contribution (NDC) Indonesia tahun 2022*.



**Gambar 10.** (a) Perbedaan emisi  $\text{CH}_4$  berdasarkan faktor emisi nasional dan lokal (EF), dengan merujuk pada (b) distribusi spasial praktik CF dan AWD yang dihasilkan dari analisis data ALOS-2 PALSAR-2.

## H. Riset Digital Elevation Model (DEM) menggunakan data SAR dan pemanfaatannya

DEM dari *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) menjadi tonggak penting dalam penyediaan data topografi global, menggantikan data elevasi yang sebelumnya sporadis, tidak seragam, dan berakurasi rendah, terutama di negara berkembang dan daerah tropis. Disamping itu juga berperan besar dalam meningkatkan akurasi geometrik citra satelit optik maupun radar melalui koreksi geometrik dan ortorektifikasi mengurangi kesalahan geolokasi dari skala puluhan–ratusan meter menjadi skala meter. Hal ini meningkatkan keandalan analisis spasial, klasifikasi tutupan lahan, dan pemodelan hidrologi. Namun, DEM ini jarang diperbarui sehingga tidak mencerminkan perubahan topografi akibat aktivitas manusia atau fenomena alam. Keterbatasan lain adalah kurangnya integrasi multi-sumber yang optimal untuk memanfaatkan keunggulan masing-masing DEM, adanya bias dan kesalahan sistematis berbeda pada setiap produk, serta keterbatasan akses terhadap DEM resolusi tinggi yang umumnya bersifat komersial.

Pada perjalanan riset berikutnya, telah dilaksanakan kontribusi ilmiah dalam mengkaji karakteristik data SAR, meningkatkan akurasi DEM dan untuk mengisi area area kosong menggunakan metode interpolasi. Penelitian (Maulana et al., 2020) dan (I. L. Sari et al., 2019) melakukan kajian peningkatan akurasi ketinggian DEM menggunakan metode radargrametri stereo dari data TerraSAR-X dengan nilai kesalahan absolut sekitar 3,676 meter dengan nilai RMSE sekitar 4,01 meter dengan pembanding data GPS. Peningkatan ketelitian DEM lainnya ditunjukkan menggunakan metode *repeat-pass* InSAR, dimana validasi nilai DEM dari 2 citra satelit SAR TerraSAR-X/TanDEM-X dibandingkan dengan 24 titik GPS tersebar di daerah dengan *slope* rendah dan tinggi dinyatakan di wilayah Bandung

(Ali et al., 2020; Shadiq et al., 2019). Analisa ketelitian DEM tervalidasi oleh data LIDAR yang lebih presisi yang berada di daerah aliran sungai Pesanggrahan, Jakarta (Arief, Suhermanto, et al., 2020) (Riyanto et al., 2019). Resolusi spasial citra dapat mempengaruhi tingkat kerapatan sampling titik ketinggian yang dihasilkan (Arief et al., 2019). Dengan melakukan fusi DEM metode interferometri SAR dan radargrammetri stereo, akurasi dapat ditingkatkan melalui teknik pembobotan (Dyatmika et al., 2018). Metode penggabungan lainnya seperti lintasan satelit Terrasar-X naik (*ascending path*) dan turun (*descending path*) juga dilakukan di wilayah perkotaan dengan studi kasus di Jakarta (Arief, Dyatmika, et al., 2020). Melimpahnya data Sentinel-1, muncul ide untuk menjadikan data Sentinel-1 menjadi produk DEM yang di area tropis dan dapat diperbaharui secara periodik memunculkan riset awal yang dilakukan oleh (Zylshal et al., 2021) (Zylshal et al., 2024). Penelitian interpolasi nilai ketinggian pada area artefak kosong (Setiyoko et al., 2018) menganalisa pengaruh perbedaan kerapatan sampling yang dihasilkan dari beberapa citra stereo optik dan ukuran pikselnya dalam menghasilkan DEM sebagai model ketinggian kontinu menggunakan metode interpolasi kriging, yang menerapkan *Support Vector Machine* (SVM) dan (*Gaussian Process Regression* (GPR) (Setiyoko et al., 2019).

Pelaksanaan riset pengembangan DEM didukung oleh pendanaan melalui skema INSINAS Kemenristek/BRIN pada 2019–2020. Validasi kualitas dilakukan bersama Badan Informasi Geospasial (BIG) melalui perbandingan dengan DEMNAS, serta verifikasi lapangan di Jawa Barat dan DK Jakarta menggunakan pengukuran GPS dan data LiDAR. Kolaborasi LAPAN dengan Universitas Indonesia dan Universitas Budi Luhur memperkaya

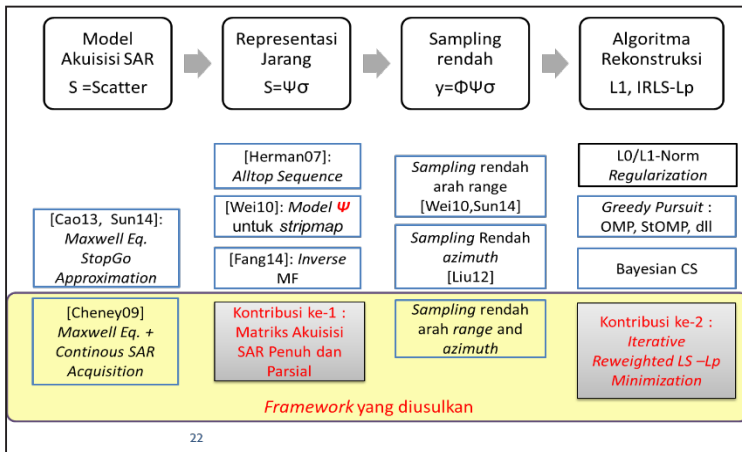
metodologi dan perspektif ilmiah, melibatkan pertukaran ide, pemanfaatan fasilitas riset, serta partisipasi mahasiswa..

## **I. Riset Kompresi Sinyal SAR menggunakan Compressive Sensing untuk Penginderaan Jauh Cerdas dan Efisien**

Kebaruan hasil riset ini adalah framework baru pengolahan pencitraan SAR resolusi tinggi dengan mereduksi volume citra SAR dengan metode algoritma rekonstruksi pembobotan iterasi menggunakan minimisasi IRLS-Lp (Arief et al., 2017) (Arief et al., 2015). Kebaruan ini memberikan solusi dari permasalahan pada metode konvensional : (1) sinyal SAR diakuisisi menggunakan *Analog Digital Converter* (ADC) dengan laju sampling tinggi (Cumming & Wong, 2004), sehingga menyebabkan volume data mentah semakin besar daya besar dan beban kerja komponen berat. (2) Sistem pengolah data SAR konvensional berbasis *Match Filter* menyebabkan resolusi citra yang dihasilkan dibatasi oleh parameter parameter radar, dan (3) muncul derau (*noise*) yang selalu muncul pada sistem SAR sehingga mengurangi kualitas dari citra tersebut.

Berbeda dengan metode kompresi konvensional, metode terbaru *compressive sensing* (CS) mengusulkan sebuah pendekatan pemulihan sinyal secara eksak dari pengukuran / sampel lebih sedikit dari pada laju sampling teori Nyquist. Dengan begitu, ADC laju sampling tinggi dapat digantikan dengan ADC laju sampling rendah, sehingga daya dan komponen onboard sebuah sistem radar dapat dihemat dan volume data menjadi kecil, namun resolusi sebuah citra tetap dapat dipertahankan atau ditingkatkan. Pemodelan akuisisi data SAR diturunkan dari persamaan Maxwell telah dipublikasikan oleh (Arief et al., 2016). Teori CS mencakup 3 bagian : (1) bagian pemodelan pengukuran linier yang merepresentasikan sifat kejarangan

dari sebuah sinyal (representasi jarang). (2) bagian pengukuran (measurement) sinyal analog menggunakan teknik sampling dengan laju rendah kurang dari laju yang dipersyaratkan oleh Shannon-Nyquist, biasanya sampling rendah secara acak (3) bagian rekonstruksi (*reconstruction*), sinyal dengan sampling rendah direkonstruksi menjadi sinyal yang serupa dengan yang asli menggunakan algoritma CS, seperti algoritma L1-Norm (lihat Gambar 11).



**Gambar 11** *Framework* penelitian kompresi sinyal SAR dengan metode *Compressive Sensing*

Rekonstruksi citra SAR dengan model parsial menghasilkan kualitas yang sebanding hanya dengan sampling rendah 7,44% data dari data mentah penuh pada target berupa kapal yang mewakili tingkat kejarangan yang rendah. Kelebihan lain adalah dapat mempercepat waktu komputasi dengan faktor 2-4,5 kali dibanding dengan matriks penuh. *Framework* baru dengan algoritma IRLS-Lp yang diusulkan mempunyai kebebasan pemilihan nilai dari parameter-parameter yang mempengaruhi

*denoising* dan dapat menekan *side lobe* pada keadaan derau tinggi. Dari hasil riset menyatakan bahwa teori CS ini dapat diterapkan pada aplikasi penginderaan jauh SAR dengan resolusi tinggi di daerah urban dan pendeteksian objek dari citra SAR seperti pendeteksian kapal.



## **IV. KONTRIBUSI PENYELESAIAN PERMASALAHAN AKTUAL DAN STRATEGIS**

Pengembangan sistem cerdas penginderaan jauh radar telah memberikan kontribusi nyata dalam menjawab berbagai persoalan strategis nasional. Melalui inovasi konsep, metodologi, algoritmik, serta aplikasi sistem cerdas penginderaan jauh radar, seluruh kontribusi tersebut menghasilkan solusi nyata bagi ketahanan pangan, mitigasi bencana, pengendalian emisi karbon, hingga penguatan tata kelola lingkungan dan inovasi teknologi satelit. Melalui integrasi ARD-SAR, interferometri, polarimetri, kecerdasan buatan, serta riset payload, kandidat telah membangun fondasi ilmiah dan implementatif yang langsung dimanfaatkan oleh kementerian, pemerintah daerah, lembaga riset, dan masyarakat. Bagian ini merangkum kontribusi-kontribusi strategis tersebut

### **1. Pengembangan ARD-SAR untuk Pertanian Nasional**

Selama bertahun-tahun, tata kelola informasi pertanian Indonesia berada dalam pusaran data yang simpang siur. Perbedaan angka produksi antara lembaga pemerintah, laporan daerah, dan temuan lapangan sering menimbulkan polemik nasional. Adanya ketidaksesuaian signifikan antara laporan produksi dan realitas di lapangan muncul akibat ketergantungan pada survei manual yang rentan bias, keterlambatan, serta estimasi yang tidak seragam antarwilayah. Kementerian Pertanian dan BPS pun mengakui perlunya transformasi menuju sistem berbasis data objektif untuk memperbaiki rantai perencanaan pangan nasional.

Di tengah permasalahan data tersebut, hasil riset ARD-SAR hadir memberikan lompatan besar. Teknologi ini kini terbukti

dimanfaatkan Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian (Pusdatin Kementan) dan Badan Pusat Statistik (BPS) dalam pemantauan pertanian nasional. Melalui pemrosesan deret waktu citra Sentinel-1, ARD-SAR mampu mendeteksi fase pertumbuhan padi di seluruh Indonesia secara konsisten dan bebas cuaca. Informasi ini digunakan untuk merencanakan distribusi pupuk, bibit, alat pertanian, waktu tanam dan waktu panen serta estimasi produksi. Berdasarkan Statistik Pertanian (BPS, 2023), luas panen padi Indonesia mencapai 10,45 juta hektar per tahun, dan pemanfaatan ARD-SAR terbukti meningkatkan akurasi estimasi produksi hingga tingkat kecamatan

## 2. Riset CH<sub>4</sub>Rice: Dukungan untuk Pertanian Rendah Emisi

Di Indonesia, penggunaan air untuk sawah masih sangat boros, FAO (2023) mencatat bahwa sistem irigasi konvensional (CF) menyebabkan konsumsi air mencapai 2–3 kali lebih besar dibanding praktik hemat air atau irigasi berselang seperti AWD. Selain itu, laporan IPCC pada tahun 2021 dengan tegas menyebut sawah beririgasi sebagai salah satu penyumbang utama emisi metana, sampai 10–12% dari total emisi metana global, berarti memiliki potensi pemanasan global 28 kali lebih kuat dari CO<sub>2</sub>. Pemerintah Indonesia pun telah menegaskan komitmennya yang menargetkan penurunan emisi GRK sektor pertanian melalui efisiensi air, pengelolaan sawah rendah emisi, dan modernisasi tata kelola lahan basah.

Dalam riset CH<sub>4</sub>Rice (Rahmi et al., 2024, 2025), inovasi pemodelan spasial emisi metana (CH<sub>4</sub>) dari sawah beririgasi telah dikembangkan untuk mendukung implementasi praktik irigasi berselang, sehingga memungkinkan pengurangan emisi

sekaligus meningkatkan efisiensi penggunaan air. Riset ini juga mendukung target penurunan emisi GRK sektor pertanian

### 3. Monitoring Deforestasi dan Estimasi Emisi Karbon

Kontribusi berikutnya adalah pemanfaatan SAR *time-series* (Sentinel-1 dan ALOS-2) untuk monitoring deforestasi dan degradasi hutan bersama mitra Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). Metodologi pada (Hoekman et al., 2020) memungkinkan deteksi perubahan tutupan hutan secara periodik dan spasial, serta estimasi emisi karbon berdasarkan konversi tutupan lahan. KLHK (2022) mencatat bahwa laju deforestasi mencapai lebih dari 200.000 hektar per tahun.

Bermitra dengan BRGM dan KLHK, telah dikembangkan pendekatan pemantauan penurunan muka tanah di lahan gambut menggunakan metode PS-InSAR sebagai indikator degradasi dan mengestimasi emisi CO<sub>2</sub> berdasarkan hubungan empiris antara subsidensi dan karbon. BRGM (2022) melaporkan bahwa lahan gambut Indonesia menyimpan lebih dari 30 Gt karbon, dan penurunan lebih dari 3 cm/tahun dapat menyebabkan emisi >20 ton CO<sub>2</sub>/ha/tahun (N. Sari et al., 2023). Peta spasial subsidensi yang dihasilkan digunakan dalam perencanaan restorasi dan pengendalian kebakaran gambut. Riset ini mendukung sistem MRV nasional untuk pelaporan REDD+ dan perencanaan rehabilitasi hutan dan lahan.

### 4. Kajian Penurunan Tanah di Wilayah Perkotaan (DK Jakarta)

Permasalahan krusial yang dihadapi Pemerintah Provinsi DK Jakarta berkaitan erat dengan eksploitasi air tanah yang masif, yang menjadi penyebab utama penurunan muka tanah. Cakupan

penyediaan layanan air terbatas dan pengambilan air tanah melalui sumur bor yang berlebihan telah menyebabkan muka tanah turun secara signifikan, terutama di Jakarta Utara, sekaligus memicu intrusi air laut ke daratan. Temuan estimasi penurunan tanah telah dilakukan di wilayah DK Jakarta menggunakan metode PS-InSAR menghasilkan peta deformasi spasial yang menunjukkan laju penurunan tanah hingga 10 cm/tahun di beberapa wilayah. (Widodo et al., 2025) dan (Widodo et al., 2022). Penelitian ini mengklasifikasikan wilayah administratif Jakarta ke dalam tingkat prioritas untuk penerapan kebijakan zona bebas air tanah, yaitu dengan urutan prioritas dimulai dari yang paling tinggi hingga paling rendah, yaitu: Jakarta Barat, Jakarta Utara, Jakarta Selatan, Jakarta Timur, dan Jakarta Pusat. Sedangkan Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 93 Tahun 2021 justru lebih difokuskan pada wilayah tengah, sehingga terdapat ketidaksesuaian spasial yang signifikan antara kebijakan dan realitas geoteknis di lapangan. Temuan ini dapat dijadikan masukan kebijakan Pemerintah Provinsi DK Jakarta untuk pengaturan pemanfaatan air tanah dan perencanaan zonasi wilayah rawan penurunan tanah.

## 5. Inovasi Payload SAR: Konsep Compressive Sensing

Dalam bidang pengembangan teknologi satelit, kandidat mengusulkan dan menguji konsep Compressive Sensing untuk payload SAR, guna mengurangi volume data yang dihasilkan tanpa mengorbankan kualitas informasi spasial. Konsep ini ditujukan untuk mengatasi keterbatasan daya dan kapasitas penyimpanan pada satelit mikro dan nano, serta mendukung efisiensi transmisi data ke stasiun Bumi. Inovasi ini menjadi acuan awal bagi pengembangan payload SAR nasional pada masa mendatang, dan sedang dieksplorasi untuk implementasi

pada satelit demonstrator BRIN dan program kemandirian satelit penginderaan jauh nasional.

## 6. Kontribusi Riset terhadap Pelestarian Lingkungan dan Pemberdayaan Masyarakat

Selain berkontribusi secara ilmiah juga berpartisipasi menyelesaikan permasalahan masyarakat, khususnya dalam aspek peningkatan literasi ekologis komunitas keagamaan yang minim dan penguatan peran pemuka agama dalam pelestarian hutan tropis. Melalui riset dan diseminasi teknologi penginderaan jauh, kandidat telah menginisiasi program pembekalan ilmiah bagi pemuka agama lintas iman bekerja sama dengan Majelis Ulama Indonesia (MUI) dan mitra lembaga adat serta lembaga-lembaga yang bergerak di bidang lingkungan hidup. Program ini menjawab sejumlah persoalan mendasar, antara lain: minimnya keterlibatan pemuka agama dan masyarakat dalam isu lingkungan; kurangnya narasi religius yang menyentuh isu deforestasi, keadilan ekologis, dan perubahan iklim dalam khutbah, pengajian, dan pendidikan keagamaan.

Berdasarkan kontribusi di atas, diperlukan penguatan kebijakan nasional dan tata kelola kelembagaan yang menempatkan sistem penginderaan jauh radar berbasis ARD sebagai bagian integral dari sistem observasi dan layanan informasi geospasial nasional. Tanpa penguatan tata kelola, standardisasi, dan keberlanjutan pemanfaatan teknologi ini, Indonesia berisiko menghadapi keterbatasan kapasitas dalam mitigasi bencana, pengelolaan sumber daya alam, serta pemenuhan komitmen pembangunan berkelanjutan dan perubahan iklim dalam jangka panjang. Oleh karena itu, kontribusi ini diharapkan menjadi dasar ilmiah bagi perumusan kebijakan, peningkatan koordinasi lintas sektor, dan pengambilan keputusan berbasis sains yang lebih efektif dan berdaulat.



## V. KESIMPULAN

Pengembangan sistem cerdas penginderaan jauh radar merupakan proses ilmiah bertahap yang menegaskan tesis bahwa integrasi data SAR dengan metodologi analitik modern berbasis komputasi cerdas meliputi automasi, pemodelan analitik, kecerdasan buatan, dan *big data* mampu menghasilkan data standar dan informasi yang cepat, konsisten, dan adaptif terhadap dinamika lingkungan. Pendekatan ini diklaim sebagai fondasi transformasi sistem observasi radar dari riset eksperimental menuju sistem operasional berbasis sains dan teknologi.

Riset tahap awal berfokus pada penentuan parameter muatan SAR, pemahaman hubungan desain sensor dengan kualitas citra, serta kesesuaian spesifikasi teknis dengan kebutuhan pemantauan Indonesia. Tahap ini menghasilkan pemahaman fundamental sekaligus inovasi strategis berupa simulator SAR yang mampu memodelkan proses akuisisi dan pemrosesan data mentah, yang menjadi landasan konseptual bagi pengembangan sistem observasi radar yang lebih cerdas.

Tahap berikutnya menandai loncatan ilmiah melalui pengembangan ARD SAR, yang memungkinkan data radar digunakan secara langsung tanpa proses pengolahan yang kompleks. Riset ini menghasilkan purwarupa perangkat lunak otomatis, katalog web ARD nasional, dan inovasi pemrosesan yang menegaskan prinsip standardisasi kualitas, efisiensi waktu, dan aksesibilitas sebagai pilar ekosistem data SAR nasional. Implementasi bersama Kementerian Pertanian dan Badan Pusat Statistik membuktikan bahwa ARD bukan sekadar inovasi

teknis, melainkan instrumen strategis dalam manajemen pangan dan tata kelola statistik nasional berbasis bukti.

Pemanfaatan ARD dan data multi temporal selanjutnya melahirkan berbagai model cerdas berbasis SAR untuk pemantauan degradasi dan deforestasi hutan, pemetaan area terbakar, dan analisis dinamika ekosistem gambut serta pertanian presisi dan ramah lingkungan. Integrasi metodologi seperti metode analitik, kecerdasan buatan CNN, *random forest*, *gradient boosting*, kalibrasi polarimetri, dan fusi data optik–radar menghasilkan model yang tervalidasi secara ilmiah, memperkaya pemahaman tentang pemantauan lingkungan dan kebencanaan di wilayah tropis, sekaligus memperkuat kolaborasi riset nasional dan internasional.

Riset interferometri SAR untuk pemantauan deformasi dan penurunan muka tanah menegaskan peran strategis teknologi SAR dalam mitigasi bencana geologi. Studi kasus di Jakarta, Pekalongan, Palu, Bandung, dan Malang menunjukkan bahwa penurunan muka tanah dapat dipetakan hingga skala milimeter, serta digunakan untuk menilai kesesuaian dan efektivitas kebijakan, khususnya terkait pengelolaan air tanah perkotaan. Sejalan dengan itu, pengembangan deteksi banjir otomatis semakin mengukuhkan SAR sebagai instrumen tanggap darurat handal.

Secara keseluruhan, orasi ini mengajukan klaim ilmiah bahwa transformasi sistem penginderaan jauh radar tidak hanya ditentukan oleh inovasi algoritmik, tetapi oleh sinergi antara infrastruktur data, interkoneksi sensor, kecerdasan buatan, dan kebijakan berbasis bukti. Dengan demikian, Sistem Cerdas Penginderaan Jauh Radar dikukuhkan sebagai fondasi sistem

observasi lingkungan dan kebencanaan yang otomatis, adaptif, dan responsif, serta berperan strategis dalam pemantauan lingkungan, tata kelola sumber daya alam dan manajemen risiko bencana nasional berbasis sains dan teknologi.



## VI. PENUTUP

Pengembangan sistem cerdas penginderaan jauh radar menghadapi tantangan masa depan yang semakin kompleks, baik dari perspektif ilmiah maupun teknis. Isu sentralnya bagaimana SAR menjadi fondasi ilmiah bagi tata kelola lingkungan, sumber daya alam, dan kebencanaan. Hal ini menuntut pendalaman terhadap mekanisme interaksi sinyal hambur-balik SAR dengan kondisi geobiofisik tropis Indonesia. Karakteristik unik seperti tutupan hutan yang rapat dan heterogen, kelembapan ekstrem, serta dinamika pesisir dan wilayah rawan bencana memerlukan model hambur-balik SAR yang lebih presisi dan adaptif sesuai fisika alam. Tantangan lain mencakup rendahnya koherensi interferometri pada vegetasi, kebutuhan data *time-series* berpresisi tinggi, serta keterbatasan infrastruktur untuk memproses data SAR skala nasional secara otomatis.

Untuk menjawab tantangan tersebut, langkah strategis perlu dirumuskan secara sistemik. Pertama, Indonesia perlu membangun platform nasional yang mencakup standar ARD SAR dan DRP SAR, algoritma kecerdasan buatan berbasis geobiofisik, serta repositori model radar terbuka untuk memperkuat kolaborasi ilmiah. Kedua, pembangunan pengolahan data SAR berbasis *cloud* dan pemanfaatan *high-performance computing* menjadi keharusan, terutama untuk mengintegrasikan aliran data multi-satelit SAR, optik, *drone* dan data insitu. Ketiga, riset *frontier* yang mendalam diperlukan untuk memajukan interferometri dan polarimetri di ekosistem tropis, model elevasi digital dan model biofisik radar untuk biomassa dan *carbon stock*. Keempat, penguatan SDM secara berjenjang harus dilakukan sehingga

analisis teknis, peneliti radar, dan perumus kebijakan memahami keseluruhan rantai nilai: dari sinyal hingga keputusan.

Salah satu pilar kunci untuk menjawab isu sentral ini adalah integrasi sistem cerdas penginderaan jauh radar ke dalam platform GeoMIMO (Geoinformatics Multi Input Multi Output) yang dikembangkan BRIN. GeoMIMO menjadi simpul orkestrasi data (SAR dengan data optik, drone, LiDAR, data lapangan), analitik, kecerdasan buatan dan layanan geospasial yang memungkinkan ARD SAR dan DRP SAR diproses, dikurasi, divalidasi, dan disajikan secara otomatis. Dengan demikian, GeoMIMO menjadi *game changer* yang memastikan teknologi radar tidak berhenti sebagai riset, tetapi menjadi sistem operasional yang mendukung pengambilan keputusan lintas sektor.

Keberhasilan menjawab tantangan masa depan juga bergantung pada kontribusi berbagai pemangku kepentingan. BRIN perlu memimpin inovasi ilmiah. Kementerian teknis seperti KLHK, Kementan, BIG, BMKG, BPS, BNPB dan pemerintah daerah harus mengintegrasikan produk SAR dalam proses regulasi, perencanaan wilayah, pemantauan hutan, mitigasi bencana, dan pengelolaan pesisir. Perguruan tinggi harus melahirkan generasi baru ilmuwan radar yang menguasai fisika, elektronika, komputasi, dan kebijakan berbasis data. Sektor industri, startup teknologi, dan operator satelit memiliki peran penting dalam menyediakan *downstream services* yang operasional dan inovatif. Komunitas masyarakat, akademisi, lembaga sosial, serta organisasi lokal perlu diberdayakan sebagai mitra pemantauan berbasis bukti, terutama di wilayah rawan bencana dan kawasan hutan adat.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Majelis Pengukuhan dan hadirin yang berbahagia,

Pada akhir pidato pengukuhan ini, perkenankanlah saya mengucapkan syukur Alhamdulillah Robbil'alamiin, hanya dengan ridho-Nya, saya bisa menyampaikan Orasi Profesor Riset ini.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Presiden Republik Indonesia Jenderal TNI (Purn) Prabowo Subianto, Presiden Republik Indonesia periode 2024 - 2029, Ir. H. Joko Widodo Presiden Republik Indonesia periode 2014 – 2024 atas penetapan sebagai Peneliti Ahli Utama. Ucapan terima kasih juga kepada Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional, Prof. Dr. Arif Satria, S.P., M.Si. , kepada Wakil Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Prof. Dr. Ir. Amarulla Octavian, S.T., M.Sc., DESD., ASEAN Eng; 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., yang telah memberikan kepercayaan dan kesempatan kepada saya untuk ditetapkan sebagai Profesor Riset. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Tim Penelaah Naskah Orasi Ilmiah, Prof. Parwati, S.SI, M.Sc., Ph.D.; Prof. Dr. Ir. Dony Kushardono, M.Eng.; dan Prof. Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng., Prof. Dr. M. Rokhis Khomarudin, S.Si., M.Si. juga selaku Kepala Pusat riset Geoinformatika, dan Prof. Dr. Yuyu Wahyu, MT.

Pada kesempatan ini saya juga mengucapkan terima kasih kepada Sekretaris Utama BRIN, Nur Tri Aries Suestiningtyas

S.IP., M.A.; Kepala Organisasi Riset Elektronika dan Informatika, Dr. Eng. Budi Prawara; Kepala Biro Organisasi dan Sumber Daya Manusia BRIN, Ratih Retno Wulandari, S.Sos., M.Si., dan Kepala Pusat Riset Geoinformatika, Prof. Dr. M. Rokhis Khomarudin, S.Si., M.Si.; atas kesempatan dan dukungannya.

Perjalanan karir ini tidak akan tercapai tanpa adanya peran guru pendidik mulai dari sekolah dasar hingga Universitas. Terima kasih kepada para pembimbing S1 saya, alm. Prof. Dr. Peter Bathelt (*University of Applied Science Georg simon Ohm Nuernberg*), Pembimbing S2 Prof. Dr.-Ing Jürgen Schmidt (*University of Kassel*); dan pembimbing S3 Prof. Dr.-Ing. Ir. Kalamullah Ramli, M.Eng (Universitas Indonesia) dan Prof. Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng (Universitas Indonesia) serta guru sekaligus penguji S3 Bpk. Ir. Mahdi Kartasasmita M. Sc., Ph. D.

Saya juga mengucapkan terima kasih kepada para pimpinan, senior, dan kolega saat saya di LAPAN dan yang saat ini di BRIN. Terkhusus, terima kasih juga kepada para profesor, senior, para periset, dan tim manajemen di PRGI OREI, yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu, terima kasih atas dukungan dan kerja sama yang luar biasa selama ini.

Dedikasi ini saya persembahkan untuk orang tua saya, Ibunda Rusti dan alm. Bapak Suwondo tercinta, atas doa dan kasih sayangnya. Terima kasih juga kepada Ibu Soeratmi dan alm. Bapak mertua Panusunan Hasibuan yang telah mendukung saya. Untuk istri tercinta, Krisna Dewi, terima kasih atas dukungan, kesabaran, doa, dan kebersamaannya yang tak ternilai, yang telah membantu saya hingga di titik ini. Anak saya Yahya Abdurrahman Ramadhan, S.Trp. M.T., Khansa Atikah, S.Ds, Fauzan Ibrahim dan Marwah Hamidah, terima kasih untuk selalu menjadi penyemangat dalam setiap langkah. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada saudara kandung tercinta,

Prof. Dr. Ir. Iwan Nugroho, M.Sc., Udi Narwito, Dyah Sawitri serta saudara ipar saya atas dukungannya selama ini. Semoga Allah selalu memberkati dan melindungi kita.

Ucapan terima kasih saya sampaikan juga kepada para undangan, hadirin dan semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu. Terakhir, terima kasih kepada Panitia Pelaksana Orasi Pengukuhan Profesor Riset, sehingga acara ini dapat berlangsung dengan baik.

Akhir kata, tak ada gading yang tak retak, kesempurnaan hanyalah milik Allah semata. Mohon maaf atas segala kekurangan. Ini menjadi babak baru bagi perjalanan karir saya untuk bisa memberikan yang lebih baik demi kemajuan IPTEK Indonesia. Terima kasih. Wassalamu'alaikum wr. wb.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, S., Dyatmika, H. S., Rahayu, M. I., Sondita, A., Maulana, R., & **Arief, R.** (2020). BAB 4 Ekstraksi Digital Elevation Model dengan Metode Interferometri Menggunakan Stripmap Terrasar-X/Tandem-X. In D. Kushardono & R. Arief (Eds.), *Pemanfaatan Data Satelit Radar untuk Wilayah Darat di Indonesia: Peluang dan Tantangan* (pp. 39–58). LIPI Press.
- Amriyah, Q., **Arief, R.**, Dyatmika, H. S., & Maulana, R. (2019). Analysis of comparison of level-1 data Sentinel 1A / B ( SLC and GRD Data ) using SNAP and GAMMA Software. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh Ke-6*, 533–543.
- Arai, H., Takeuchi, W., Oyoshi, K., Nguyen, L. D., & Inubushi, K. (2018). Estimation of methane emissions from rice paddies in the Mekong delta based on land surface dynamics characterization with remote sensing. *Remote Sensing*, *10*, 28. <https://doi.org/10.3390/rs10091438>
- Arief, R.**, Dyatmika, H. S., Suhermanto, & Shadiq, A. (2020). A fusion of digital elevation model based on interferometry SAR technique from ascending and descending path in urban area. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *500*(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/500/1/012035>
- Arief, R.**, Setiyoko, A., Maulana, R., Shadiq, A., Sudiana, D., & Arymurthy, A. M. (2019). Quality Assessment of DEM Generated from SAR Radargrammetry Based on Cross-Correlation and Spatial Resolution Setting. *Journal of Physics: Conference Series*, *1201*(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1201/1/012027>
- Arief, R.**, Sudiana, D., & Ramli, K. (2015). A framework of synthetic aperture radar imaging based on iterative reweighted compressed

- sensing. *International Journal of Simulation: Systems, Science and Technology*, 16(3). <https://doi.org/10.5013/IJSSST.a.16.03.15>
- Arief, R.**, Sudiana, D., & Ramli, K. (2016). Compressed synthetic aperture radar imaging based on Maxwell equation. *Jurnal Teknologi*, 78(6–3). <https://doi.org/10.11113/jt.v78.8922>
- Arief, R.**, Sudiana, D., & Ramli, K. (2017). A study of the partial acquisition technique to reduce the amount of SAR data. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 54(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/54/1/012100>
- Arief, R.**, Suhermanto, Ali, S., Budiono, M. E., Maulana, R., Sudiana, D., & Setiyoko, A. (2020). Quality assessment and validation of TerraSAR-X digital surface model using LiDAR for urban areas in Jakarta. *Journal of Physics: Conference Series*, 1528(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1528/1/012012>
- Arjasakusuma, S., Kusuma, S. S., Vetrira, Y., Prasasti, I., & **Arief, R.** (2022). Monthly Burned-Area Mapping using Multi-Sensor Integration of Sentinel-1 and Sentinel-2 and machine learning: Case Study of 2019's fire events in South Sumatra Province, Indonesia. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 27. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100790>
- Asiyabi, R. M., Ghorbanian, A., Tameh, S. N., Amani, M., Jin, S., & Mohammadzadeh, A. (2023). Synthetic Aperture Radar (SAR) for Ocean: A Review. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 16, 9106–9138. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2023.3310363>
- Attema, E. P. W., Duchossois, G., & Kohlhammer, G. (1998). ERS-1/2 SAR land applications: overview and main results. *IGARSS '98. Sensing and Managing the Environment. 1998 IEEE International Geoscience and Remote Sensing. Symposium Proceedings. (Cat. No.98CH36174)*, 4, 1796–1798 vol.4. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.1998.703655>

- Balling, J., Slagter, B., van der Woude, S., Herold, M., & Reiche, J. (2024). ALOS-2 PALSAR-2 ScanSAR and Sentinel-1 data for timely tropical forest disturbance mapping: A case study for Sumatra, Indonesia. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 132, 103994. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2024.103994>
- Berardino, P., Fornaro, G., Lanari, R., & Sansosti, E. (2002). A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 40(11), 2375–2383. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2002.803792>
- Budiono, M. E., Dyatmika, H. S., Indriasari, N., Amriyah, Q., **Arief, R.**, Maulana, R., & Shadiq, A. (2020). Design of automate SAR processing system in LAPAN to support easier and fast data services. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 500(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/500/1/012027>
- Cahyono, B. E., & Fearn, P. (2015). Cloud Cover Correction of Detected Hotspots Over Indonesia. *Advanced Science Letters*, 21(11), 3591–3593. <https://doi.org/10.1166/asl.2011.1261>
- Cumming, I. G., & Wong, F. H. (2004). *Digital Processing of Synthetic Aperture Radar Data*.
- Dirgahayu, D., & Made Parsa, I. (2019). Detection Phase Growth of Paddy Crop Using SAR Sentinel-1 Data. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 280(1), 12020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/280/1/012020>
- Dyatmika, H. S., **Arief, R.**, Sudiana, D., Shadiq, A., Maulana, R., & Budiono, M. E. (2018). DEM Modification Using Fusion of SAR Interferometri and Stereosar Based on Weighting Factor. *Jurnal Penginderaan Jauh Dan Pengolahan Data Citra Digital Vol.*, 15(2), 83–92. <https://doi.org/10.30536/j.pjpdcd.2018.v15.a3063>
- Dyatmika, H. S., Sambodo, K. A., & **Arief, R.** (2019). An analysis of black fill artefacts noise removal on GRD products Sentinel-1

data. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 9(1). <https://doi.org/10.18517/ijaseit.9.1.8079>

- Dyatmika, H. S., Setiyoko, A., & Indriasari, N. (2023). Developing automatic tiled SAR image mosaic process for faster online access. *AIP Conference Proceedings*, 2847(1), 50007. <https://doi.org/10.1063/5.0167054>
- Ferretti, A., Prati, C., & Rocca, F. (2001). Permanent scatterers in SAR interferometry. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 39(1). <https://doi.org/10.1109/36.898661>
- Gustiandi, B., Lestari, A. I., Kushardono, D., Mukhoriyah, Sukarno, K. M., **Arief, R.**, & Arjasakusuma, S. (2024). Bibliometric Analysis of Synthetic Aperture Radar (SAR) Remote Sensing Satellite Data Utilization for Rice Paddy Mapping. *2024 IEEE Asia-Pacific Conference on Geoscience, Electronics and Remote Sensing Technology (AGERS)*, 248–256. <https://doi.org/10.1109/AGERS65212.2024.10932953>
- Hayati, N., Royyan, M. G., & **Arief, R.** (2023). The Use of Sentinel-1 in Response to Sequences of Natural Disasters in Indonesia : The South Kalimantan Floods and The Mamuju-Majene Earthquake The Use of Sentinel-1 in Response to Sequences of Natural Disasters in Indonesia : The South Kalimantan Floods. *Geomatics International Conference 2022*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1127/1/012008>
- Hayati, N., Royyan, M. G., **Arief, R.**, & Darminto, M. R. (2023). The Use of Sentinel-1 in Response to Sequences of Natural Disasters in Indonesia: The South Kalimantan Floods and The Mamuju-Majene Earthquake. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1127(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1127/1/012008>
- Hayati, N., Sari, N., **Arief, R.**, & Uzzulfa, M. A. (2022). Parameters to Estimate CO2 Emission In Peatland Area Based On Carbon

- Content and Subsidence Rate From SAR Interferometry. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 43(B3-2022). <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2022-277-2022>
- Hoekman, D., Kooij, B., Quiñones, M., Vellekoop, S., Carolita, I., Budhiman, S., **Arief, R.**, & Roswintiarti, O. (2020). Wide-area near-real-time monitoring of tropical forest degradation and deforestation using sentinel-1. *Remote Sensing*, 12(19). <https://doi.org/10.3390/rs12193263>
- Hooper, A., Bekaert, D., Spaans, K., & Arikan, M. (2012). Recent advances in SAR interferometry time series analysis for measuring crustal deformation. *Tectonophysics*, 514–517, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2011.10.013>
- Indriasari, N., **Arief, R.**, Kustiyo, Budiono, M. E., Dyatmika, H. S., Rahayu, M. I., Patany, A. S., Amriyah, Q., Maulana, R., & Shadiq, A. (2020). Analisa filter spekle single dan multitemporal data Sentinel 1-A. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 500(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/500/1/012021>
- Ji, K., & Wu, Y. (2015). Scattering Mechanism Extraction by a Modified Cloude-Pottier Decomposition for Dual Polarization SAR. In *Remote Sensing* (Vol. 7, Issue 6, pp. 7447–7470). <https://doi.org/10.3390/rs70607447>
- Karachristos, K., Koukiou, G., & Anastassopoulos, V. (2024). A Review on PolSAR Decompositions for Feature Extraction. In *Journal of Imaging* (Vol. 10, Issue 4). <https://doi.org/10.3390/jimaging10040075>
- Kobayashi, S., & Ide, H. (2022). Rice Crop Monitoring Using Sentinel-1 SAR Data: A Case Study in Saku, Japan. In *Remote Sensing* (Vol. 14, Issue 14). <https://doi.org/10.3390/rs14143254>
- Kramer, H. J. (2002). *Observation of the Earth and Its Environment: Survey of Missions and Sensors*. Springer Berlin Heidelberg. <https://books.google.co.id/books?id=4JucM8bpLbEC>

- Kushardono, D., Dewanti, R., Sambodo, K. A., **Arief, R.**, Maryanto, A., & Suhermanto. (2016). Kebutuhan Pengguna Data Penginderaan Jauh Di Indonesia : Studi Awal Untuk Conceptual Design Review Satelit SAR Ekuatorial Indonesia INARSSAT-1. *ICOIRS 2016: The 2nd International Conference of Indonesian Society for Remote Sensing, Gambar 1*, 510–520.
- Lanari, R., Mora, O., Manunta, M., Mallorqui, J. J., Berardino, P., & Sansosti, E. (2004). A small-baseline approach for investigating deformations on full-resolution differential SAR interferograms. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 42(7), 1377–1386. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2004.828196>
- Lee, J. Sen, & Pottier, E. (2017). Polarimetric radar imaging: From basics to applications. In *Polarimetric Radar Imaging: From Basics to Applications*. <https://doi.org/10.1201/9781420054989>
- Lestari, A. I., Sukarno, K. M., Gustiandi, B., Mukhoriyah, Kushardono, D., **Arief, R.**, & Arjasakusuma, S. (2024). *Software Identifikasi Lahan Sawah Berbasis Data Citra Synthetic Aperture Radar (SAR) Dengan Metode Recurrent Neural Network (RNN)- (HAKI)*. Kementrian Hukum dan HAM RI.
- Makas, E., & Aslan, A. R. (2023). Trends in SAR Satellite Design: From Tons of Mass to Hundreds of Kilograms in Designing SAR Satellite. *2023 10th International Conference on Recent Advances in Air and Space Technologies (RAST)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/RAST57548.2023.10197877>
- Massonnet, D., & Feigl, K. L. (1998). Radar interferometry and its application to changes in the Earth's surface. *Reviews of Geophysics*, 36(4), 441–500. <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/97RG03139>
- Maulana, R., Sari, I. L., Budiono, M. E., Indriasari, N., **Arief, R.**, & Ali, S. (2020). BAB 3 Ekstraksi Digital Elevation Model Menggunakan Data Stripmap Terrasar-X dengan Teknik Radargrammetri. In D. Kushardono & R. Arief (Eds.), *Pemanfaatan Data Satelit Radar*

*untuk Wilayah Darat di Indonesia: Peluang dan Tantangan* (pp. 27–38). LIPI Press.

- Moreira, A., Prats-Iraola, P., Younis, M., Krieger, G., Hajnsek, I., & Papathanassiou, K. P. (2013). A tutorial on synthetic aperture radar. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 1(1), 6–43. <https://doi.org/10.1109/MGRS.2013.2248301>
- Musyarofah, **Arief, R.**, & Soleh, M. (2014). Analisis Pengaruh Windowing Dalam Pembentukan Citra SAR Terfokus pada Raw Data SAR. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014*, 178–187.
- Musyarofah, **Arief, R.**, & Widipaminto, A. (2013). Design and Development of polarimetric SAR System for Light Surveillance Aircraft - LAPAN. *The 7th National Radar Seminar and The 2 International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics and Telecommunications (Icramet)*, 47–51.
- Nguyen, D. B., Gruber, A., & Wagner, W. (2016). Mapping rice extent and cropping scheme in the Mekong Delta using Sentinel-1A data. *Remote Sensing Letters*, 7(12), 1209–1218. <https://doi.org/10.1080/2150704X.2016.1225172>
- Novresiandi, D. A., & Nagasawa, R. (2017). Polarimetric synthetic aperture radar application for tropical peatlands classification: a case study in Siak River Transect, Riau Province, Indonesia. *Journal of Applied Remote Sensing*, 11(1), 16040. <https://doi.org/10.1117/1.JRS.11.016040>
- Novresiandi, D.A., Setiyoko, A., & **Arief, R.** (2023a). Synthetic aperture radar (SAR) data applications for tropical peatlands monitoring activities: An overview. In *Remote Sensing Applications: Society and Environment* (Vol. 29, Issue September 2022, p. 100893). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100893>
- Novresiandi, D. A., Setiyoko, A., & **Arief, R.** (2023b). Synthetic aperture radar (SAR) data applications for tropical peatlands monitoring activities: An overview. *Remote Sensing Applications:*

*Society and Environment*, 29. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100893>

- Novresiandi, D. A., Setiyoko, A., Indriasari, N., Veronica, K. W., Budiono, M. E., Dianovita, Amriyah, Q., & Subehi, M. (2023). Assessment of the Potential Use of Sentinel-1 C-Band SAR Sigma-Naught and Gamma-Naught Features to Support Rice Monitoring Activities. *2023 IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology, ICARES 2023*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICARES60489.2023.10329794>
- Novresiandi, D. A., Setiyoko, A., Indriasari, N., Veronica, K. W., Budiono, M. E., Dianovita, Amriyah, Q., & Subehi, M. (2024). Evaluation of speckle filtering configurations on Sentinel-1 SAR backscatter analysis ready data (SIARD) preparation framework on the google earth engine platform for supporting rice monitoring activities. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 36(May), 101337. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2024.101337>
- Nugroho, U. C., Tjahjono, B., & **Arief, R.** (2023). P-SBAS Cloud Processing using Geohazard Exploitation Platform: Deformation Velocity of Palu City after Earthquake 2018. *AIP Conference Proceedings*, 2941(1). <https://doi.org/10.1063/5.0181418>
- Pelletier, C., Webb, G. I., & Petitjean, F. (2019). Temporal Convolutional Neural Network for the Classification of Satellite Image Time Series. In *Remote Sensing* (Vol. 11, Issue 5). <https://doi.org/10.3390/rs11050523>
- Plank, S. (2014). Rapid Damage Assessment by Means of Multi-Temporal SAR — A Comprehensive Review and Outlook to Sentinel-1. In *Remote Sensing* (Vol. 6, Issue 6, pp. 4870–4906). <https://doi.org/10.3390/rs6064870>
- Prasasti, I., Rahmi, K. I. N., Nugroho, J., Sitorus, J., **Arief, R.**, Triyono, D., & Suwarsono. (2020). Detecting the burned area in southern Kalimantan by using the sentinel-1 polarimetric SAR

and landsat-8 OLI optic. *Journal of Physics: Conference Series*, 1528(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1528/1/012048>

- Rahmi, K. I. N., **Arief, R.**, Parwati, Novresiandi, D. A., Pratikasiwi, H. A., Cahyana, D., Adriany, T. A., Susilawati, H. L., Rohaeni, W. R., Asmarhanyah, Muhardiono, R. I., & Fikriyah, V. N. (2024). *Dataset Emisi Gas Metana (CH<sub>4</sub>) Di Lahan Sawah Alternate Wetting And Drying (AWD) Dan Continuous Flooding (CF) Kabupaten Subang*. Kemenkumham RI.
- Rahmi, K. I. N., Sofan, P., Pratikasiwi, H. A., Adriany, T. A., Novresiandi, D. A., Handika, R., **Arief, R.**, Susilawati, H. L., Rohaeni, W. R., & Cahyana, D. (2025). Utilization of Multisensor Satellite Data for Developing Spatial Distribution of Methane Emission on Rice Paddy Field in Subang , West Java. *Remote Sensing*, 17(2145). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/rs17132154>
- Riyanto, I., Margatama, L., **Arief, R.**, Sudiana, D., & Sudiby, H. (2019). Pesanggrahan River Watershed Flood Potential Mapping in South and West Jakarta with LiDAR Data Segmentation. *Journal of Physics: Conference Series*, 1201(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1201/1/012028>
- Riyanto, I., Rizkinia, M., **Arief, R.**, & Sudiana, D. (2022). Three-Dimensional Convolutional Neural Network on Multi-Temporal Synthetic Aperture Radar Images for Urban Flood Potential Mapping in Jakarta. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/app12031679>
- Rizkinia, M., Kushardono, D., & **Arief, R.** (2024). Integration of GLCM Texture Features and CNN Classifier for SAR-Based Rice Paddy Mapping. *The 8th International Engineering Student Conference 2023, February*, 378–383.
- Sari, I. L., Maulana, R., Dyatmika, H. S., Suprijanto, A., **Arief, R.**, & Shadiq, A. (2019). Study of digital elevation model (dem) extraction using stereo radargrammetry terrasars-x in madiun area-

elevation accuracy improvement. *E3S Web of Conferences*, 94. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199404003>

- Sari, I. L., Roswintiarti, O., Kustiyo, K., Indriasari, N., Kartika, T., Widiyasmoko, G., Permana, S. A. B. S., Tosiani, A., Pramono, T. H., Muslimah, H., Suprianto, H. E., Fadil, F., Dalilla, F., & **Arief, R.** (2025). Tree counting of tropical tree plantations using the maximum probability spectral features of high-resolution satellite images and drones. *Geomatica*, 77(1). <https://doi.org/10.1016/j.geomat.2024.100045>
- Sari, N., Hayati, N., Uzzulfa, M. A., **Arief, R.**, & Krisna, T. C. (2023). Mapping carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions from peat subsidence using carbon parameters and InSAR observations in South Kalimantan, Indonesia. *Soil Science Annual*, 74(2). <https://doi.org/10.37501/soilsa/169656>
- Seguin, G., & Geudtner, D. (2018). Challenges for Next Generation SAR. *EUSAR 2018; 12th European Conference on Synthetic Aperture Radar*, 1–4.
- Setiyoko, A., Arymurthy, A. M., & **Arief, R.** (2018). Effects of different sampling densities and pixel size on kriging interpolation for predicting elevation. *2018 International Conference on Signals and Systems, ICSigSys 2018 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/ICSIGSYS.2018.8373572>
- Setiyoko, A., Arymurthy, A. M., Basaruddin, T., & **Arief, R.** (2019). Semivariogram fitting based on SVM and GPR for DEM interpolation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 311(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/311/1/012076>
- Shadiq, A., **Arief, R.**, Dyatmika, H. S., Maulana, R., Rahayu, M. I., Sondita, A., Setiyoko, A., Maryanto, A., Budiono, M. E., & Sudiana, D. (2019). Digital Elevation Model (DEM) Generation with Repeat Pass Interferometry Method Using TerraSAR-X/Tandem-X (Study Case in Bandung Area). *IOP Conference*

*Series: Earth and Environmental Science, 280(1).* <https://doi.org/10.1088/1755-1315/280/1/012019>

- Soleh, M., & **Arief, R.** (2014a). Analisis Parameter-Parameter Utama Untuk Desain Sensor SAR Pada LSA (Lapan Surveillance Aircraft). *Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014*, 49–58.
- Soleh, M., & **Arief, R.** (2014b). Analysis of SAR Main Parameters For SAR Sensor Design on LSA. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences, 11(2)*, 85–96.
- Soleh, M., **Arief, R.**, Musyarofah, & Widipaminto, A. (2013). Simulation of synthetic aperture radar system parameters for Light Surveillance Aircraft - LAPAN. *34th Asian Conference on Remote Sensing 2013, ACRS 2013, 2*.
- Sudiana, D., Lestari, A. I., Riyanto, I., Rizkinia, M., **Arief, R.**, Prabuwo, A. S., & Sri Sumantyo, J. T. (2023). A Hybrid Convolutional Neural Network and Random Forest for Burned Area Identification with Optical and Synthetic Aperture Radar (SAR) Data. *Remote Sensing, 15(3)*. <https://doi.org/10.3390/rs15030728>
- Sudiana, D., Riyanto, I., Rizkinia, M., **Arief, R.**, Prabuwo, A. S., Sumantyo, J. T. S., & Wikantika, K. (2023). Development of Three-Dimensional Convolutional Neural Network for Urban Flood Classification Using Synthetic Aperture Radar Multi-Temporal Image. *2023 8th Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar (APSAR)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/APSAR58496.2023.10388541>
- Sudiana, D., Riyanto, I., Rizkinia, M., **Arief, R.**, Prabuwo, A. S., Tetuko, J., Sumantyo, S., & Wikantika, K. (2024). Performance Evaluation of 3-Dimensional Convolutional Neural Network for Multi-Temporal Flood Classification Framework with Synthetic Aperture Radar Image Data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, PP*, 1–11. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2024.3519523>

- Sudiana, D., Rizkinia, M., **Arief, R.**, De Arifani, T., Lestari, A. I., Kushardono, D., Prabuwono, A. S., & Sumantyo, J. T. S. (2025). A CNN-RF Hybrid Approach for Rice Paddy Fields Mapping in Indramayu Using Sentinel-1 and Sentinel-2 Data. *IEEE Access*, *13*, 23234–23246. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3537818>
- Sudiana, D., Rokhmatuloh, Rizkinia, M., Ardiansyah, **Arief, R.**, Bayuaji, L., & Sri Sumantyo, J. T. (2014). Analysis of Land Deformation on Slope Area using PS InSAR. Case Study: Bandung Area. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *19*(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/19/1/012011>
- Truckenbrodt, J., Freemantle, T., Williams, C., Jones, T., Small, D., Thiel, C., Rossi, C., Syriou, A., & Giuliani, G. (2019). *Towards Sentinel-1 SAR Analysis-Ready Data : A Best Practices Assessment on Preparing Backscatter Data for the Cube*.
- Widodo, J., **Arief, R.**, Dinanta, G. P., Setyaningrum, N., Setiyoko, A., Putra, A. P., Oktaviani, A., Wisyanto, Santoso, E. W., Hidayat, N., Awaluddin, Kurniawan, F., Pradono, M. H., Razi, P., Izumi, Y., & Sumantyo, J. T. S. (2022). Time Series Land Subsidence Analysis Based on Persistent Scattered Interferometric Synthetic Aperture Radar Method of Jakarta City Region Using Terra SAR X Spaceborne Data. *Proceeding - 2022 International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics, and Telecommunications: Emerging Science and Industrial Innovation in Electronics and Telecommunication, ICRAMET 2022*, 106–113. <https://doi.org/10.1109/ICRAMET56917.2022.9991211>
- Widodo, J., **Arief, R.**, Khomarudin, M. R., Ardha, M., Dinanta, G. P., Nugroho, U. C., Setyaningrum, N., Setiyoko, A., Handika, R., Novrisandy, D. A., Takahashi, A., & Sobue, S. (2023). Assesment of Land Subsidence in Urban Coastal Area Based on Permanent Scattered INSAR Using ALOS-2 PALSAR-2 Spaceborne Data and In Situ Monitoring. *IEICE Technical Report, SANE2023-60(2023-12)*, 0–4.

- Widodo, J., Riza, H., Herlambang, A., **Arief, R.**, Razi, P., Kurniawan, F., Izumi, Y., Perissin, D., & Sumantyo, J. T. S. (2021). Forest Areas with A High Potential Risk of Fire Mapping on Peatlands Using Interferometric Synthetic Aperture Radar. *Proceedings - 2021 7th Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar, APSAR 2021*. <https://doi.org/10.1109/APSAR52370.2021.9688492>
- Widodo, J., Trihatmoko, E., Khomarudin, M. R., Ardha, M., Nugroho, U. C., Setyaningrum, N., Dinanta, G. P., **Arief, R.**, Sarah, D., & Hermawan, W. (2024). Dynamic Geo-Visualization of Urban Land Subsidence and Land Cover Data Using PS-InSAR and Google Earth Engine ( GEE ) for Spatial Planning Assessment. *Urban Science*, 8(234), 1–20. <https://doi.org/10.3390/urbansci8040234>
- Widodo, J., Trihatmoko, E., Setyaningrum, N., Izumi, Y., Handika, R., Ardha, M., **Arief, R.**, Sobue, S., Nurlinda, N., Pranantya, P. A., Wiranu, J. R., & Khomarudin, M. R. (2025). Technical and Policy Analysis: Time Series of Land Subsidence for the Evaluation of the Jakarta Groundwater-Free Zone. In *Urban Science* (Vol. 9, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/urbansci9030067>
- Zebker, H. A., & Villasenor, J. (1992). Decorrelation in interferometric radar echoes. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30(5), 950–959. <https://doi.org/10.1109/36.175330>
- Zhang, L., Zhang, L., & Du, B. (2016). Deep learning for remote sensing data: A technical tutorial on the state of the art. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 4(2), 22–40. <https://doi.org/10.1109/MGRS.2016.2540798>
- Zhu, X. X., Tuia, D., Mou, L., Xia, G.-S., Zhang, L., Xu, F., & Fraundorfer, F. (2017). Deep Learning in Remote Sensing: A Comprehensive Review and List of Resources. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 5(4), 8–36. <https://doi.org/10.1109/MGRS.2017.2762307>

- Zylshal, Z., Bayanuddin, A. A., Sartika, S., Pratiwi, J. I., Setyoko, A., **Arief, R.**, & Khomarudin, M. R. (2024). Evaluating Digital Elevation Model generation from Sentinel-1 SAR data in challenging tropical environments. *Modeling Earth Systems and Environment*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s40808-024-02171-4>
- Zylshal, Z., Saputra, M., Bayanuddin, A. A., Siwi, S. E., Musyarofah, Sartika, Setiyoko, A., & **Arief, R.** (2021). Space-borne Interferometric SAR for digital elevation model in the tropical region: An initial result of Sentinel-1 RADAR data over the Indonesian archipelago. *Proceedings - 2021 7th Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar, APSAR 2021*. <https://doi.org/10.1109/APSAR52370.2021.9688483>

## **DAFTAR CAPAIAN DALAM BIDANG IPTEK, RISET DAN INOVASI**

### **Karya Tulis Ilmiah**

1.	Buku Nasional	2 buah
2.	Bagian dari Buku Internasional	2 buah
3.	Bagian dari Buku Nasional	4 buah
4.	Jurnal Internasional	21 buah
5.	Jurnal Nasional	8 buah
6.	Prosiding Internasional	29 buah
7.	Prosiding Nasional	7 buah

### **Kekayaan Intelektual**

1.	Paten Nasional	
	a. Terdaftar	2 buah
	b. Tersertifikasi	1 buah
2.	Hak Cipta ...	11 buah

### **Kerjasama**

1.	Transaksi Lisensi	2 buah
----	-------------------	--------



## DAFTAR CAPAIAN DALAM BIDANG IPTEK, RISET, DAN INOVASI

### Karya Tulis Ilmiah

#### Buku Nasional

1. Kushardono, D., & **Arief, R.** (2020). Pemanfaatan Data Satelit Radar untuk wilayah Darat di Indonesia: Peluang dan Tantangan, LIPI Press.
2. Suhermanto (2018), Teknologi Satelit Observasi Bumi Orbit Rendah Kelas Mini/Medium Sebagai Pemampu Kunci Penguasaan Teknologi Satelit Indonesia, **R. Arief** sebagai editor, Indonesia Project Book

#### Bagian dari Buku Internasional

3. Novresiandi, D.A., Izumi, Y., Zahro, Q., Setyaningrum, N., Widodo, J., **Arief, R.** (2026). Assessment of multi-frequency and multi-seasonal SAR data utilization on google earth engine for land cover classification in the tropical ecosystem. In: Sumantyo, J.T.S., Razi, P. (eds) *Advances in Geoscience and Remote Sensing Technology. IC-GEOREST 2024. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences.* Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-95-3075-5\\_20](https://doi.org/10.1007/978-981-95-3075-5_20)
4. Rahmi, K.I.N., Adriany, T.A., Fikriyah, V.N., Sofan, P., Eohaeni, W.R., **Arief, R.**, Muhardiono, I., Cahyono, D., Lina, H., Asmarhansyah, A., Pratikasiwi, H.A. (2026). Spatial modeling of CH<sub>4</sub> emissions from rice paddies using optical remote sensing imagery and field measurement in

Subang, Indonesia. In: Sumantyo, J.T.S., Razi, P. (eds) *Advances in Geoscience and Remote Sensing Technology. IC-GEOREST 2024. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences.* Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-95-3075-5\\_22](https://doi.org/10.1007/978-981-95-3075-5_22)

Bagian dari Buku Nasional

5. Kushardono, D., & **Arief, R.** (2020a). Bab 1 Satelit Synthetic Aperture Radar dan Pemanfaatannya., *Pemanfaatan Data Satelit Radar untuk Wilayah Darat di Indonesia: Peluang dan Tantangan* (pp. 1–18). LIPI Press.
6. Maulana, R., Sari, I. L., Budiono, M. E., Indriasari, N., **Arief, R.**, & Ali, S. (2020). BAB 3 Ekstraksi Digital Elevation Model Menggunakan Data Stripmap Terrasar-X dengan Teknik Radargrammetri, *Pemanfaatan Data Satelit Radar untuk Wilayah Darat di Indonesia: Peluang dan Tantangan* (pp. 27–38). LIPI Press.
7. Ali, S., Dyatmika, H., Rahayu, M. I., Sondita, A., Maulana, R., & **Arief, R.** (2020). BAB 4 Ekstraksi Digital Elevation Model dengan Metode Interferometri Menggunakan Stripmap Terrasar-X/Tandem-X. *Pemanfaatan Data Satelit Radar untuk Wilayah Darat di Indonesia: Peluang dan Tantangan* (pp. 39–58). LIPI Press.
8. Kushardono, D., & **Arief, R.** (2020b). Bab 13 Peluang Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh SAR di Indonesia., *Pemanfaatan Data Satelit Radar untuk Wilayah Darat di Indonesia: Peluang dan Tantangan* (pp. 173–179). LIPI Press.

9. Nugroho, G., Susantoro, T.M., Khomarudin, M.R., Candra, D.N., Maryanto, A., Suliantara, Setiawan, H. L., Sulma, S., **Arief, R.**, Harto, A.B., Kurdianto, Hestrio, Y.F., Jayati, A., (2025). Empirical models for estimating total chlorophyll content in sugarcane using hyperspectral reflectance and Sentinel-2 imagery. *Model. Earth Syst. Environ.* **11**, 446 . <https://doi.org/10.1007/s40808-025-02598-3>
10. Sari, I. L., Roswintiarti, O., Kustiyo, K., Indriasari, N., Kartika, T., Widiyasmoko, G., Permana, S. A. B. S., Tosiani, A., Pramono, T. H., Muslimah, H., Suprianto, H. E., Fadil, F., Dalilla, F., & **Arief, R.** (2025). Tree counting of tropical tree plantations using the maximum probability spectral features of high-resolution satellite images and drones. *Geomatica*, 77(1).
11. Rahmi, K. I. N., Sofan, P., Pratikasiwi, H. A., Adriany, T. A., Novresiandi, D. A., Handika, R., **Arief, R.**, Susilawati, H. L., Rohaeni, W. R., & Cahyana, D. (2025), "Utilization of multisensor satellite data for developing spatial distribution of methane emission on rice paddy field in subang , west java distribution of methane emission on rice paddy field, in" *Remote Sensing (Basel)*, vol. 17, no. 2145, 2025, doi: <https://doi.org/10.3390/rs17132154>.
12. Widodo, J., Trihatmoko, E., Setyaningrum, N., Izumi, Y., Handika, R., Ardha, M., **Arief, R.**, Sobue, S., Nurlinda, N., Pranantya, P. A., Wiranu, J. R., & Khomarudin, M. R. (2025)., "Technical and policy analysis: time series of land subsidence for the evaluation of the Jakarta groundwater-

free zone,” 2025. doi: 10.3390/urbansci9030067.

13. Sudiana, D., Rizkinia, M., **Arief, R.**, De Arifani, T., Lestari, A. I., Kushardono, D., Prabuwno, A. S., & Sumantyo, J. T. S. (2025). A CNN-RF Hybrid Approach for rice paddy fields mapping in Indramayu using Sentinel-1 and Sentinel-2 data. *IEEE Access*, 13, 23234–23246. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3537818>.
14. Zylshal, Z., Bayanuddin, A. A., Sartika, S., Pratiwi, J. I., Setyoko, A., **Arief, R.**, & Khomarudin, M. R. (2024). Evaluating digital elevation model generation from Sentinel-1 SAR data in challenging tropical environments. *Modeling Earth Systems and Environment*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s40808-024-02171-4>.
15. Sudiana, D., Riyanto, I., Rizkinia, M., **Arief, R.**, Prabuwno, A. S., Tetuko, J., Sumantyo, S., & Wikantika, K. (2024). Performance evaluation of 3-dimensional convolutional neural network for multi-temporal flood classification framework with synthetic aperture radar image data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, PP, 1–11. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2024.3519523>.
16. Gustiandi, B., Lestari, A. I., Kushardono, D., Mukhoriyah, Sukarno, K. M., **Arief, R.**, & Arjasakusuma, S. (2024). Bibliometric analysis of synthetic aperture radar (SAR) remote sensing satellite data utilization for rice paddy mapping. *2024 IEEE Asia-Pacific Conference on Geoscience, Electronics and Remote Sensing Technology (AGERS)*, 248–256.
17. Widodo, J., Trihatmoko, E., Khomarudin, M. R., Ardha, M.,

- Nugroho, U. C., Setyaningrum, N., Dinanta, G. P., **Arief, R.**, Sarah, D., & Hermawan, W. (2024). Dynamic geo-visualization of urban land subsidence and land cover data using PS-InSAR and Google Earth Engine ( GEE ) for spatial planning assessment. *Urban Science*, 8(234), 1–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/urbansci8040234>.
18. Sudiana, D., Lestari, A. I., Riyanto, I., Rizkinia, M., **Arief, R.**, Prabuwno, A. S., & Sri Sumantyo, J. T. (2023). A hybrid convolutional neural network and random forest for burned area identification with optical and synthetic aperture radar (SAR) Data. *Remote Sensing*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/rs15030728>.
19. Susantoro, T. M., Suliantara, Harto, A. B., Setiawan, H. L., Nugroho, G., Candra, D. S., Jayati, A., Sulma, S., Khomarudin, M. R., **Arief, R.**, Maryanto, A., Hestrio, Y. F., & Kurdianto. (2023). The potential of remote sensing data for oil and gas exploration in Indonesia: a review. *Scientific Contributions Oil and Gas*, 46(1). <https://doi.org/10.29017/SCOG.46.1.1346>.
20. N. Sari, N. Hayati, M. A. Uzzulfa, **R. Arief**, and T. C. Krisna, “Mapping carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions from peat subsidence using carbon parameters and InSAR observations in South Kalimantan, Indonesia,” *Soil Science Annual*, vol. 74, no. 2, 2023, doi: 10.37501/soilsa/169656.
21. D. A. Novresiandi, A. Setiyoko, and **R. Arief**, “Synthetic aperture radar (SAR) data applications for tropical peatlands monitoring activities: An overview,” 2023, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.rsase.2022.100893.
22. Widodo, J., **Arief, R.**, Khomarudin, M. R., Ardha, M.,

- Dinanta, G. P., Nugroho, U. C., Setyaningrum, N., Setiyoko, A., Handika, R., Novrisandy, D. A., Takahashi, A., & Sobue, S. (2023). Assesment of land subsidence in urban coastal area based on permanent scattered INSAR using ALOS-2 PALSAR-2 spaceborne data and in situ monitoring. *IEICE TEchnical Report, SANE2023-60(2023-12)*, 0–4.
23. S. Arjasakusuma, S. S. Kusuma, Y. Vetrita, I. Prasasti, and **R. Arief**, “Monthly burned-area mapping using multi-sensor integration of Sentinel-1 and Sentinel-2 and machine learning: case study of 2019’s fire events in South Sumatra Province, Indonesia,” *Remote Sens Appl*, vol. 27, 2022, doi: 10.1016/j.rsase.2022.100790.
  24. I. Riyanto, M. Rizkinia, **R. Arief**, and D. Sudiana, “Three-dimensional convolutional neural network on multi-temporal synthetic aperture radar images for urban flood potential mapping in Jakarta,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 12, no. 3, 2022, doi: 10.3390/app12031679.
  25. Rokhmatuloh, Ardiansyah, Indratmoko, S., Riyanto, I., Margatama, L., & **Arief, R.** (2022). Burnt-area quick mapping method with synthetic aperture radar data. *Applied Sciences*, 12(23), 11922. <https://doi.org/10.3390/app122311922>
  26. Hoekman, D., Kooij, B., Quiñones, M., Vellekoop, S., Carolita, I., Budhiman, S., **Arief, R.**, & Roswintiarti, O. (2020). Wide-area near-real-time monitoring of tropical forest degradation and deforestation using sentinel-1. *Remote Sensing*, 12(19). <https://doi.org/10.3390/rs12193263>.
  27. H. S. Dyatmika, K. A. Sambodo, and **R. Arief**, “An analysis of black fill artefacts noise removal on GRD products Sentinel-1 data,” *Int J Adv Sci Eng Inf Technol*, vol. 9, no. 1,

2019, doi: 10.18517/ijaseit.9.1.8079.

28. **R. Arief**, D. Sudiana, and K. Ramli, “Compressed synthetic aperture radar imaging based on Maxwell equation,” *J Teknol*, vol. 78, no. 6–3, 2016, doi: 10.11113/jt.v78.8922.
29. **R. Arief**, D. Sudiana, and K. Ramli, “A framework of synthetic aperture radar imaging based on iterative reweighted compressed sensing,” *International Journal of Simulation: Systems, Science and Technology*, vol. 16, no. 3, 2015, doi: 10.5013/IJSSST.a.16.03.15.

#### Prosiding International

30. M. Rizkinia, D. Kushardono, and **R. Arief**, “Integration of GLCM texture features and CNN classifier for SAR-based rice paddy mapping,” in *The 8th International Engineering Student Conference 2023*, 2024, pp. 378–383.
31. N. Hayati, M. G. Royyan, and **R. Arief**, “The use of Sentinel-1 in response to sequences of natural disasters in Indonesia : the South Kalimantan floods and the Mamuju-Majene earthquake the use of Sentinel-1 in response to sequences of natural disasters in Indonesia : the South Kalimantan floods,” in *Geomatics International Conference 2022*, 2023. doi: 10.1088/1755-1315/1127/1/012008.
32. U. C. Nugroho, B. Tjahjono, and **R. Arief**, “P-SBAS cloud processing using geohazard exploitation platform: deformation velocity of Palu city after earthquake 2018,” *AIP Conf Proc*, vol. 2941, no. 1, 2023, doi: 10.1063/5.0181418.
33. Widodo, J., **Arief, R.**, Dinanta, G. P., Setyaningrum, N., Setiyoko, A., Putra, A. P., Oktaviani, A., Wisyanto, Santoso,

- E. W., Hidayat, N., Awaluddin, Kurniawan, F., Pradono, M. H., Razi, P., Izumi, Y., & Sumantyo, J. T. S. (2022). Time series land subsidence analysis based on persistent scattered interferometric synthetic aperture radar method of Jakarta city region using TerraSAR-X spaceborne data. *Proceeding - 2022 International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics, and Telecommunications: Emerging Science and Industrial Innovation in Electronics and Telecommunication, ICRAMET 2022*, 106–113. <https://doi.org/10.1109/ICRAMET56917.2022.9991211>.
34. N. Hayati, N. Sari, **R. Arief**, and M. A. Uzzulfa, “Parameters to estimate CO2 emission in peatland area based on carbon content and subsidence rate from SAR Interferometry,” in *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 2022. doi: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2022-277-2022.
35. Dinanta, G. P., Fernando, D., Setyaningrum, N., Meliani, F., Widodo, J., Setiyoko, A., & **Arief, R.** (2022). Deep learning for ground penetration radar reflection images in civil structures investigation. 2022 IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology, ICARES 2022 - Proceedings. <https://doi.org/10.1109/ICARES56907.2022.9993511>.
36. Putra Bambang Dwi, A. A., Nasution, A. S., Adhitama, B. S., Rasyidy, F. H., Imdad, M. T., Jatmiko, N. W., Suhermanto, Gunawan, H., & **Arief, R.** (2022), “Integration development of polar l-band orbit multi-satellite data receiver system,” in *Proceeding - 6th International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering: Applying Data Sciences and Artificial Intelligence*

*Technologies for Environmental Sustainability, ICITISEE 2022*, 2022. doi: 10.1109/ICITISEE57756.2022.10057916.

37. Zylshal, Z., Saputra, M., Bayanuddin, A. A., Siwi, S. E., Musyarofah, Sartika, Setiyoko, A., & **Arief, R.** (2021). "Space-borne Interferometric SAR for digital elevation model in the tropical region: An initial result of Sentinel-1 RADAR data over the Indonesian archipelago," *2021 7th Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar (APSAR)*, Bali, Indonesia, 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/APSAR52370.2021.9688483.
38. Widodo, J., Riza, H., Herlambang, A., **Arief, R.**, Razi, P., Kurniawan, F., Izumi, Y., Perissin, D., & Sumantyo, J. T. S. (2021)., "Forest areas with a high potential risk of fire mapping on peatlands using interferometric synthetic aperture radar," in *Proceedings - 2021 7th Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar, APSAR 2021*, 2021. doi: 10.1109/APSAR52370.2021.9688492.
39. **R. Arief**, H. S. Dyatmika, Suhermanto, and S. Ali, "A fusion of digital elevation model based on interferometry SAR technique from ascending and descending path in urban area," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020. doi: 10.1088/1755-1315/500/1/012035.
40. Indriasari, N., **Arief, R.**, Kustiyo, Budiono, M. E., Dyatmika, H. S., Rahayu, M. I., Patany, A. S., Amriyah, Q., Maulana, R., & Shadiq, A. (2020)., "Analisa filter spekle single dan multitemporal data Sentinel 1-A," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020. doi: 10.1088/1755-1315/500/1/012021.
41. Budiono, M. E., Dyatmika, H. S., Indriasari, N., Amriyah,

- Q., **Arief, R.**, Maulana, R., & Shadiq, A. (2020)., “Design of automate SAR processing system in LAPAN to support easier and fast data services,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020. doi: 10.1088/1755-1315/500/1/012027.
42. **R. Arief et al.**, “Quality assessment and validation of TerraSAR-X digital surface model using LiDAR for urban areas in Jakarta,” in *Journal of Physics: Conference Series*, 2020. doi: 10.1088/1742-6596/1528/1/012012.
43. A. Setiyoko, A. M. Arymurthy, T. Basaruddin, and **R. Arief**, “Semivariogram fitting based on SVM and GPR for DEM interpolation,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019. doi: 10.1088/1755-1315/311/1/012076.
44. Shadiq, A., **Arief, R.**, Dyatmika, H. S., Maulana, R., Rahayu, M. I., Sondita, A., Setiyoko, A., Maryanto, A., Budiono, M. E., & Sudiana, D. (2019)., “Digital elevation model (DEM) generation with repeat pass interferometry method using TerraSAR-X/Tandem-X (study case in Bandung area),” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019. doi: 10.1088/1755-1315/280/1/012019.
45. **R. Arief**, A. Setiyoko, R. Maulana, S. Ali, D. Sudiana, and A. M. Arymurthy, “Quality assessment of DEM generated from SAR radargrammetry based on cross-correlation and spatial resolution setting,” in *Journal of Physics: Conference Series*, 2019. doi: 10.1088/1742-6596/1201/1/012027.
46. I. Riyanto, L. Margatama, **R. Arief**, D. Sudiana, and H. Sudibyoy, “Pesanggrahan river watershed flood potential mapping in South and West Jakarta with LIDAR data

- segmentation,” in *Journal of Physics: Conference Series*, 2019. doi: 10.1088/1742-6596/1201/1/012028.
47. I. L. Sari, R. Maulana, H. S. Dyatmika, A. Suprijanto, **R. Arief**, and S. Ali, “Study of digital elevation model (dem) extraction using stereo radargrammetry terrasar-x in madiun area-elevation accuracy improvement,” in *E3S Web of Conferences*, 2019. doi: 10.1051/e3sconf/20199404003.
48. A. Setiyoko, A. M. Arymurthy, and **R. Arief**, “Effects of different sampling densities and pixel size on kriging interpolation for predicting elevation,” in *2018 International Conference on Signals and Systems, ICSigSys 2018 - Proceedings*, 2018. doi: 10.1109/ICSIGSYS.2018.8373572.
49. **R. Arief**, D. Sudiana, and K. Ramli, “A study of the partial acquisition technique to reduce the amount of SAR data,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2017. doi: 10.1088/1755-1315/54/1/012100.
50. D. Kushardono, R. Dewanti, K. A. Sambodo, and **R. Arief**, “Kebutuhan Pengguna Data Penginderaan Jauh Di Indonesia : Studi Awal Untuk Conceptual design review satelit SAR ekuatorial Indonesia INARSSAT-1,” in *ICOIRS 2016: The 2nd International Conference of Indonesian Society for Remote Sensing*, 2016, pp. 510–520.
51. **R. Arief**, “SAR image reconstruction method of incomplete raw data based on matrix,” in *ICOIRS 2016: The 2nd International Conference of Indonesian Society for Remote Sensing*, 2016, pp. 78–88.
52. Sudiana, D., Rokhmatuloh, Rizkinia, M., Ardiansyah, **Arief, R.**, Bayuaji, L., & Sri Sumantyo, J. T. (2014)., “Analysis of land deformation on slope area using PS InSAR. Case study:

Malang area,” *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 19, no. 1, 2014, doi: 10.1088/1755-1315/19/1/012011.

53. Musyarofah; **R. Arief** and M. Soleh, “Synthetic aperture radar image formation simulator for educational purpose,” in *34th Asian Conference on Remote Sensing 2013, ACRS 2013*, 2013.
54. **R. Arief**, D. Sudiana, and K. Ramli, “Noise effects on compressed SAR raw data,” in *34th Asian Conference on Remote Sensing 2013, ACRS 2013*, 2013.
55. Soleh, M.; **Arief, R.**, M. Musyarofah, and A. Widipaminto, “Simulation of synthetic aperture radar system parameters for Light Surveillance Aircraft - LAPAN,” in *34th Asian Conference on Remote Sensing 2013, ACRS 2013*, 2013.
56. **Arief, R.**, Ramli, K, and Sudiana, D, “SAR raw data compression based on compressive sensing,” in *th 7th National Radar Seminar and The 2 International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics and Telecommunications (Icramet)*, 2013, pp. 61–66.
57. Musyarofah; **R. Arief** and A. Widipaminto, “design and development of polarimetric SAR system for light surveillance aircraft - LAPAN,” in *th 7th National Radar Seminar and The 2 International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics and Telecommunications (Icramet)*, 2013, pp. 47–51.
58. **R. Arief**, “Reduction of synthetic aperture radar raw data using compressive sampling,” in *Indonesia-Japan Joint Scientific Symposium, October 25–26, 2012, Chiba University, Japan*, Chiba, 2012, p. 2012.

59. Zaenudin, A., Sofiyadin, I. T. P., & **Arief, R.** (2020). Delineation of subsidence in the alteration zone in ulubelu geothermal field based on interferometry synthetic aperture radar time series. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 6(3), 190-196.
60. Suwarsono, S., Prasasti, I., Nugroho, J. T., Sitorus, J., **Arief, R.**, Rahmi, K. I. N., & Triyono, D. (2019). Detecting deformation due to the 2018 Merapi volcano eruption using interferometric synthetic aperture radar (INSAR) from Sentinel-1 TOPS. *IJReSES*, 16, 45.
61. Suhermanto; **Arief, R.**, “Time optimization for lossy decompression of the lisa sensor data on Lapan A3 satellite using a grouping method of Huffman Code Bit,” *Jurnal Teknologi Dirgantara*, vol. 16, no. no 1, pp. 23–34, 2018.
62. Dyatmika, Haris S; **Arief, Rahmat**; Sudiana, Dodi; Ali, Shadiq; Maulana, Rahmat; Budiono, “DEM modification using fusion of SAR interferometri and stereosar based on weighting factor,” *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital Vol.*, vol. 15, no. 2, pp. 83–92, 2018, doi: 10.30536/j.pjpdcd.2018.v15.a3063.
63. **Arief, R** “A partial acquisition technique of SAR system using compressive sampling method,” *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, vol. 14, no. 1, pp. 9–18, 2017.
64. A. Indradjad, N. D. Salyasari, and **R. Arief**, “Technique to reconstruct band 6 reflectance information of Aqua Modis,” *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, vol. 13, no. 2, pp. 131–138, 2016.

65. A. Maryanto, N. Widijatmiko, W. Sunarmodo, M. Soleh, **R. Arief**, and R. S. Technology, “Development of pushbroom airborne camera system using multispectrum line scan industrial camera,” *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, vol. 13, no. 1, pp. 27–38, 2016.
66. M. Soleh and **R. Arief**, “Analysis of SAR main parameters for SAR sensor design on LSA,” *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, vol. 11, no. 2, pp. 85–96, 2014.

#### Prosiding Nasional

67. R. Amriyah, Qonita; **Arief, Rahmat**; Dyatmika, Haris S; Maulana, “Analysis of comparison of level-1 data Sentinel 1A / B ( SLC and GRD data ) using SNAP and GAMMA software,” in *Seminar Nasional Penginderaan Jauh ke-6*, 2019, pp. 533–543.
68. M. Soleh, A. Maryanto, **Arief Rahmat**, and Suhermanto, “Sensor CCD untuk sistem pencitra pada satelit mikro,” in *Prosiding Siptekgan XIII-2019*, 2009, pp. 476–486.
69. **R. Arief** and D. Sudiana, “Optimization of the measurement matrix in compressed sensing for synthetic aperture radar data using gradient-basd minimization,” in *Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014*, 2016, pp. 1–10.
70. Musyarofah; **Arief, R.**, and Soleh, M., “Analisis pengaruh windowing dalam pembentukan citra,” in *Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014*, 2014, pp. 178–187.
71. Soleh, Muchammad; **Arief, R.**, “Analisis parameter-parameter utama untuk desain sensor SAR pada Lapan

Surveillance Aircraft (LSA),” in *Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014*, 2014, pp. 49–58.

72. **R. Arief**, M. Soleh, Musyarofah, and A. Widipaminto, “Progress status of SAR system development for light surveillance aircraft,” in *SIPTEKGAN XVII-2013 - International Seminar of Aerospace Science and Technology - 2013*, 2013, pp. 173–178.
73. Effendy, I., **Arief, R.**, & Annas, A. (2011). Pengembangan perangkat lunak pengolah data satelit MTSAT. In *Prosiding Seminar Nasional Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh Untuk Pembangunan Nasional* (pp. 169-178). LAPAN.

#### Paten

74. Kamera Udara Multispektrum Multisensor yang Dapat Dipasang Secara Menggantungkan di dalam Keranjang Pembawa Bawah Sayap

Kolaborator : Ahmad Maryanto, S.Si., MT. ; Nugroho Widi Jatmiko, ST., M.Eng. ; Ayom Widipaminto, MT. ; Wismu Sunarmodo, ST. ; Muchammad Soleh, ST., M.Eng. ; Dinari Nikken Sulastrie Sirin, ST. ; Hidayat Gunawan, M.Eng. ; **Dr. Rahmat Arief, Dipl.Ing.** ; B Pratiknyo Adi Mahatmanto, ST. ;

Tanggal Granted Paten : 16 Februari 2021

No Sertifikat : IDP000075130

No Pendaftaran Paten : P0020181075

Tanggal Pendaftaran Paten : 20 Desember 2018

Satuan Kerja : Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh,

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)

75. Metode Pengklasteran Pada Informasi Hotspot Dari Data Satelit Penginderaan Jauh

Kolaborator : Andy Indradjad ; Wisnu Sunarmodo ; **Rahmat Arief** ; Olivia Maftukhaturrizqoh

No Pendaftaran Paten: P00202111956

Tanggal Pendaftaran Paten : 22 Desember 2021

No Pengajuan HKI dalam Sistem : MIG-2021-1650217062.3148

Satuan Kerja : Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)

76. Metode Penentuan Rezim Air untuk Perhitungan Emisi Gas Metana di Lahan Sawah Padi Irigasi berdasarkan Data Multitemporal Penginderaan Jauh Radar  
Kolaborator : Hilda Ayu Pratikasiwi ; Khalifah Insan Nur Rahmi ; Parwati ; Rendi Handika ; Dandy Aditya Novresiandi ; **Rahmat Arief** ; Terry Ayu Adriany ; Masnita Indriani Oktavia ;

No Pendaftaran Paten: P00202514181

Tanggal Pendaftaran Paten : 10 Desember 2025

No Pengajuan HKI dalam Sistem : 2025-1756265188-baiv  
Satuan Kerja : Pusat Riset Geoinformatika, BRIN

Hak Cipta

77. Software Komputer untuk Kalkulasi dan Visualisasi Titik Panas (Fire Hotspot) dari Citra Satelit Himawari-8

Menggunakan Metode Autoregresi Spatiotemporal  
Kolaborator : Fadillah Halim Rasyidy ; Wismu Sunarmodo ;  
**Rahmat Arief** ; Yenni Vetrira ; Indah Prasasti ; Donna Monica  
; Dadan Ramdani ; Bayu Satya Adhitama ; Suwarsono ;  
Andy Indradjad ; Tri Wandu Yanuar ;

Tgl pendaftaran : 10/12/2025,

No pendaftaran : EC002025209688

Institusi : BRIN, Pusat Riset Geoinformatika

Tgl Sertifikasi : 10/12/2025

Status : Tersertifikasi, No Sertifikat : 001049948

78. Dataset spektral tanaman untuk perhitungan klorofil total  
Kolaborator : Kurdianto ; Tri Muji Susantoro ; Suliantara ;  
Herru Lastiadi Setiawan ; M. Rokhis Khomarudin ; Sayidah  
Sulma ; Danang Surya Candra ; **Rahmat Arief** ; Gatot  
Nugroho ; Yohanes Fridolin Hestrio ; Ahmad Maryanto ;  
Adis Jayati ; Agung Syetiawan ;

Tgl pendaftaran : 08/12/2025,

No pendaftaran : EC002025206590

Institusi : BRIN, Pusat Riset Geoinformatika

Tgl Sertifikasi : 08/12/2025

Status : Tersertifikasi, No Sertifikat : 001046850

79. MethaRice v1.0 : Aplikasi Perhitungan Emisi Gas Metana  
(CH<sub>4</sub>) Lahan Sawah di Indonesia berbasis Citra Satelit  
Kolaborator : Hilda Ayu Pratikasiwi ; Khalifah Insan Nur  
Rahmi ; Parwati ; **Rahmat Arief** ; Dandy Aditya Novresiandi  
; Rendi Handika ; Terry Ayu Adriany ; Destika Cahyana ;

Wage Ratna Rohaeni ; R. Iman Muhardiono BR ; ;

Tgl pendaftaran : 29/04/2025,

No pendaftaran : EC002025043813

Institusi : BRIN, Pusat Riset Geoinformatika

Tgl Sertifikasi : 29/04/2025

Status : Tersertifikasi, No Sertifikat : 000884074

80. Dataset Emisi Gas Metana (CH<sub>4</sub>) Di Lahan Sawah Alternate Wetting And Drying (AWD) Dan Continuous Flooding (CF) Kabupaten Subang

Kolaborator : Hilda Ayu Pratikasiwi ; Khalifah Insan Nur Rahmi ; **Rahmat Arief** ; Parwati ; Dandy Aditya Novresiandi ; Destika Cahyana ; Terry Ayu Adriany ; Helena Lina Susilawati ; Wage Ratna Rohaeni ; Asmarhansyah ; Iman Muhardiono BR ; Vidya Nahdhiyatul Fikriyah

Tgl pendaftaran : 12/5/2024

No pendaftaran : EC002024244173

Institusi : BRIN, Pusat Riset Geoinformatika

Tgl Sertifikasi : 12/5/2024

Status : Tersertifikasi

81. Software Identifikasi Lahan Sawah Berbasis Data Citra Synthetic Aperture Radar (SAR) Dengan Metode Recurrent Neural Network (RNN)

Kolaborator : Anugrah Indah Lestari ; Krisna Malik Sukarno ; Budhi Gustiandi ; Mukhoriyah ; Dony Kushardono ; **Rahmat Arief** ; Sanjiwana Arjasakusuma ;

Tgl pendaftaran : 12/5/2024

No pendaftaran : EC002024244154

Institusi : BRIN, Pusat Riset Geoinformatika

Tgl Sertifikasi : 12/5/2024

Status : Tersertifikasi

82. Data Spektroradiometer Geobiofisik Obyek Lahan Gambut Di Kawasan Hidrologi Gambut (KHG) Kahayan Sebangau - Kalimantan Tengah

Kolaborator : Babag Purbantoro ; Andie Setiyoko ; Joko Widodo ; **Rahmat Arief** ; Destika Cahyana ; Parwati ; Nugraheni Setyaningrum ; Edy Trihatmoko ; Rendi Handika ; Silvan Anggia Bayu Setia Permana ; Awaluddin ; Qori'atu Zahro ; Dandy Aditya Novresiandi ; Mohammad Ardha ; Galih Prasetya Dinanta ; Dr. Yulianto, S.Hut., M.T ; Agus Yasin, S.Hut., M.Si. ; Pricilia Chika Alexandra, S.Si

Tgl pendaftaran : 11/25/2024

No pendaftaran : EC002024233582

Institusi : BRIN, Pusat Riset Geoinformatika

Tgl Sertifikasi : 11/25/2024

Status : Tersertifikasi

83. Program Estimasi Kandungan Klorofil Total

Kolaborator : Gatot Nugroho ; Tri Muji Susantoro ; Suliantara ; Herru Lastiadi Setiawan ; M. Rokhis Khomarudin ; Sayidah Sulma ; Danang Surya Candra ; **Rahmat Arief** ; Yohanes Fridolin Hestrio ; Ahmad Maryanto ; Kurdianto ; Adis Jayati ; Silvan Anggia Bayu Setia Permana ;

Tgl pendaftaran : 8/30/2024

No pendaftaran : EC00202496175

Institusi : BRIN, Pusat Riset Geoinformatika

Tgl Sertifikasi : 8/30/2024

Status : Tersertifikasi

84. BRIN Fire Hotspot: Sistem Penyajian Produk Informasi Titik Panas (Hotspot) Versi 2.0

Kolaborator : Olivia Maftukhaturrizqoh ; Andy Indradjad ; **Rahmat Arief** ; Wismu Sunarmodo ;

Tgl pendaftaran : 10/31/2023

No pendaftaran : EC002023102575

Institusi : BRIN, Pusat Riset Geoinformatika

Tgl Sertifikasi : 10/31/2023

Status : Tersertifikasi

85. Software Ingest Data Satelit Orbit Polar Pita-L

Kolaborator : Fadillah Halim Rasyidy ; Suhermanto ; Ali Syahputra Nasution ; Hidayat Gunawan ; **Rahmat Arief** ; Bayu Satya Adhitama ; Adi AUFARACHMAN Putra Bambang Dwi ; Muhammad Thufaili Imdad ; Nugroho Widi Jatmiko

Tgl pendaftaran : 12/15/2022

No pendaftaran : EC002022107213

Institusi : BRIN, Pusat Riset Geoinformatika

Tgl Sertifikasi : 12/15/2022

Status : Terdaftar

86. Software Pengolahan ARD SAR Sentinel-1

Kolaborator : **Rahmat Arief**, Andie Setiyoko, Haris Suka Dyatmika, Rachmat Maulana, Marendra Eko Budiono, Qonita Amriyah, Steward Augusto ;

Tgl pendaftaran : 10/21/2021

No pendaftaran : EC00202156606

Institusi : LAPAN, Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh

Status : Tersertifikasi

87. Software Download Data Sentinel-1 Otomatis (Versi 1.0)

Kolaborator : Haris Suka Dyatmika, **Rahmat Arief**, Andie Setiyoko, Novie Indriasari, Marendra Eko Budiono, Choirun Nisaa Rangkuti ;

Tgl pendaftaran : 10/21/2021

No pendaftaran : EC00202156605

Institusi : LAPAN, Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh

Status : Tersertifikasi

Lisensi

88. Lisensi Hak Cipta yang berjudul Software Pengolahan ARD SAR Sentinel-1, Kolaborator : **Rahmat Arief**, Andie Setiyoko, Haris Suka Dyatmika, Rachmat Maulana, Marendra Eko Budiono, Qonita Amriyah, Steward Augusto; dengan PT. TECHNO GIS INDONESIA, Pusat Data dan Informasi Pertanian, Sekretaris Jenderal, Kementerian

pertanian, dan Badan Pusat Statistik. Status dalam tahap drafting PKS dan masih dalam review BHKS.

## DAFTAR PUBLIKASI LAINNYA

1. Buku White Paper One Map Policy Summit 2024, Deputi Bidang Koordinasi Pengembangan Wilayah dan Tata Ruang, Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian, 2024, -Cet.1- Jakarta : Tim White Paper One Map Policy Summit 2024 : Armaiki Yusmur, Bernardino Rakha Adjie Brata, Bobai M Anugrahta, Saragih, Budi Prawara, Danil Arif Iskandar, Dany Puguh Laksono, Defi Ohfanisa, Laode Restelle, Shelvie Nidya Neyman, Triarko Nurlambang, Yudi Setiawan, Fauzia Suryani Puteri, Grace Sondang Yunika, Heri Sutanta, Muhammad Komarudin, Muhammad Rokhis Khomarudin, Nur Rhaeni Febrianti, **Rahmat Arief**, Sahid Agustian Hudjimatsu, Vito Prihartono, Sekretariat Satu Data Indonesia, Tim Strategi Nasional Pencegahan Korupsi KPK, WRI Indonesia
2. B. Gustiandi, A. Indradjad, **R. Arief**, and I. W. B. Bagdja, “Rancang Bangun sistem Pengolahan Data MODIS untuk Produksi Informasi Indek Kehijauan Skala Regional,” *Majalah Inderaja Volume III, No 4, Juli 2012*, vol. III, no. 4, pp. 50–55, 2012.
3. Suhermanto, H. Gunawan, **R. Arief**, and A. Indrajad, “Alternatif Penggunaan Protokol CCSDS/HDLC Pada Pengembangan dan Pemaketan Data Satelit,” in *Prosiding Seminar Nasional Satu Tahun Satelit LAPAN Tubsat beroperasi di Orbit dan Pengembangan Satelit Generasi Berikutnya*, 2008, p. 9.
4. Bahan Naskah Kebijakan Brin 2022 Proses Bisnis Riset

Dan Penyelenggaraan Penginderaan Jauh di BRIN, Dony Kushardono, Yenni Vetrira, Parwati, Pingkan Mayestika Afgatian, Rr. Erna Sri Adiningsih, Wikanti Asriningrum, M. Rokhis Khomarudin, Orbita Roswintiarti, Suhermanto, **Rahmat Arief**, Danang Surya Candra, Andie Setiyoko, Dede Dirgahayu Domiri , Ratih Dewanti

5. Rancangan Peraturan Pemerintah tentang Penginderaan Jauh, Tim Penyusun Dan Sekretariat Rancangan Peraturan Lembaga Tentang Peraturan Pelaksanaan Atas Peraturan Pemerintah Nomor 11 Tahun 2018 Tentang Tata Cara Penyelenggaraan Kegiatan Penginderaan Jauh Tahun 2020, sesuai SK Kepala LAPAN no 53 tahun 2020

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### A. DATA PRIBADI

Nama	: Dr. Rahmat Arief, Dipl.-Ing.
Tempat, Tanggal lahir	: Surabaya, 13 Juli 1974
Anak ke	: 4 dari 4 Bersaudara
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Nama Ayah Kandung	: Suwondo (alm)
Nama Ibu Kandung	: Rusti
Nama Istri	: Krisna Dewi
Jumlah Anak	: 4
Nama Anak	: 1. Yahya Abdurrahman Ramadhan, S.Trp, M.S1 2. Khansa Atikah, S.Ds 3. Fauzan Ibrahim 4. Marwah Hamidah
Nama Unit	: Pusat Riset Geoinformatika
Nama Oganisasi	: Organisasi Riset Elektronika dan Informatika (OREI)
Nama Instansi	: Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)
Judul Orasi	: Pengembangan Sistem Cerdas Teknologi Penginderaan Jauh Radar Berbasis Data siap Analisis untuk Pemantauan Lingkungan dan Kebencanaan di Wilayah Tropis
Ilmu	: Teknologi Keantariksaan

Bidang Kepekaran	:	Penginderaan Jauh Radar
No. SK Pangkat Terakhir	:	Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 15/K Tahun 2024, Tanggal 31 Juli 2024
No. SK Peneliti Ahli Utama	:	Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 6/M TAHUN 2024, Tanggal 22 Januari 2024
Tautan Scopus	:	<a href="https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56200121800">https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56200121800</a>
Tautan Google Scholar	:	<a href="https://scholar.google.com/citations?hl=en&amp;user=nPZWwMQA-AAAJ&amp;view_op=list_works&amp;sort-by=pubdate">https://scholar.google.com/citations?hl=en&amp;user=nPZWwMQA-AAAJ&amp;view_op=list_works&amp;sort-by=pubdate</a>

## B. PENDIDIKAN FORMAL

No.	Jenjang	Nama Sekolah/ PT/ Universitas	Tempat/Kota/ Negara	Tahun Lulus
1.	SD	SDN Jepara II, Surabaya	Surabaya	1986
2.	SMP	SMPN 7 Surabaya	Surabaya	1989
3.	SMA	SMAN 2 Surabaya	Surabaya	1992
5.	S1	Georg Simon Ohm Fachhochschule Nurnberg	Nuernberg, Germany	2002
6.	S2	University of Kassel	Kassel, Germany	2005
7.	S3	Universitas Indonesia	Depok, Indonesia	2016

### C. PENDIDIKAN NONFORMAL

No.	Nama Pelatihan/Pendidikan	Tempat/Kota/ Negara	Tahun
1	Diklat Fungsional Peneliti Tingkat Pertama tahun	Cibinong	2007
2	Diklat Penulisan Jurnal Internasional bagi Peneliti dan Perekayasa	Jakarta	2017
3	Diklat Jabatan Fungsional Peneliti Tingkat Lanjutan	Cibinong	2017
4	Diklat Reviewer Penelitian Angkatan II	Jakarta	2019

### D. JABATAN STRUKTURAL

No.	Jabatan/Pekerjaan	Nama Instansi	Tahun
1.	Koordinator Program dan Fasilitas, Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh,	LAPAN	2020 – 2021
2.	Plt Kepala Pusat Riset Penginderaan Jauh	BRIN	2021 – 2021
3.	Kepala Pusat Riset Penginderaan Jauh	BRIN	2021 – 2023

## E. JABATAN FUNGSIONAL

No.	Jenjang Jabatan	TMT Jabatan
1.	PEREKAYASA AHLI MUDA No SK :JF/K.081/194/V/2010	01-04-2010
2.	PEREKAYASA AHLI MUDA No SK :Kep/163/V/2010	01-04-2010
3.	PEREKAYASA AHLI MUDA No SK :370 Tahun 2014	01-04-2010
4.	PEREKAYASA AHLI MUDA No SK :SPMJ/488/V/2010	01-04-2010
5.	PEREKAYASA AHLI MUDA No SK :NOMOR 194 TAHUN 2016	01-01-2016
6.	PENELITI AHLI MUDA No SK :No.:204 Tahun 2016	01-07-2016
7.	PENELITI AHLI MADYA No SK :102 Tahun 2019 No PAK : 033/D.1/II/2021, AK:433.10	31-12-2018
8.	PENELITI AHLI MADYA No SK :116 Tahun 2021 No PAK : 033/D.1/II/2021, AK :647,23	01-03-2021
9.	PENELITI AHLI UTAMA No SK :6/M TAHUN 2024 No PAK : B-4686/II.2.3/KP.03.04/1/2024 AK :961,920	01-02-2024

## F. PENUGASAN KHUSUS NASIONAL/INTERNASIONAL

No.	Jabatan/Pekerjaan	Pemberi Tugas	Tahun
1.	Principle investigator pada kegiatan Riset Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) Earth observation mission tahap 4 (ongoing)	JAXA	2025 – 2028
2.	Anggota tim Koordinasi dan Sinkronisasi Kegiatan Data Sawah Update dalam Rangka Pemutahiran Luas Baku Sawah Nasional tahun 2023	KemenATR/BPN	2023
3.	sebagai Co chair sesi Satellite Applications for Societal Benefit Working Group (SAWG) pada The 29th session of the Asia-Pacific Regional Space Agency Forum (APRSAF-29) yang diadakan oleh BRIN, MEXT, JAXA	JAXA dan BRIN	2023
4.	Delegasi BRIN untuk pada China-ASEAN Satellite Remote Sensing Meeting in Nanning, Guangxi, China	BRIN	2023
5.	Principle investigator pada kegiatan Riset - JAXA Earth observation mission tahap 3	JAXA	2023 – 2025

6.	Ketua Panitia pada acara The Fourth Ministerial Conference on Space Applications for Sustainable Development in Asia and the Pacific will be jointly organized by the United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UN-ESCAP) and the Government of Indonesia in Jakarta	UN-ESCAP dan BRIN	2022
7.	Principle Investigator pada kegiatan Kyoto and Carbon Activities oleh JAXA	JAXA	2016 – 2022
8.	Pelatihan/Training for Radar Technology for Near Real Time Forest/Peatland Monitoring, Kerjasama antara LAPAN dan Wageningen University	LAPAN	2019
9.	Anggota Komisi Teknis Standar Nasional Indonesia, Komite Teknis 49-02, Sistem Informasi dan Akuisisi Data Keantariksaan, Badan Standarisasi Nasional	Badan Standarisasi Nasional (BSN)	2020-2023
10.	Chief Editor Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan data Citra Digital	LAPAN	2018 – 2022
11.	Visiting Researcher di Chiba University Jepang	LAPAN	2012
12.	Visiting Researcher Program Satelit STAR Project di JAXA Campus Jepang	LAPAN	2009

## G. KEIKUTSERTAAN DALAM KEGIATAN ILMIAH

No.	Nama Kegiatan	Peran/Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
1.	FGD Land Subsidence Observation and Prevention	Peserta	LAPAN	2020
2.	Workshop & Bilateral Meeting LAPAN JAXA ALOS-2 usage	Peserta	LAPAN, JAXA	2020
3.	Pelatihan/ Workshop on Fire Danger Rating System (FDRS) and Fire Detection/ Monitoring and Smoke Modeling, Jakarta, 2-5 Desember 2019	Peserta/ Panitia	NOAA, NASA, LAPAN	2019
4.	Pelatihan Reviewer Penelitian Angkatan II tahun 2019 (53 jam)	Peserta	Kemenristekdikti	2019
5.	Mastering Practical GNU R System for Machine Learning, Depok September 27-28 September 2019	Peserta	P.T. Wahana Management Consulting	2019

6.	Pelatihan/ Training for Radar Technology for Near Real Time Forest/Peatland Monitoring, given by Dirk Hoekman, Wageningen University, Jakarta, 17,18, 20 Juni 2019	<b>Panitia/ Peserta</b>	LAPAN Wageningen University Netherland	2019
7.	Pelatihan/training Pengolahan Data SAR Multi Waktu - SARPROZ	Sebagai Peserta	Airbus Defence and Space Razer Ltd	2018
8.	The 5th International Conference of Indonesian Society for Remote Sensing (ICOIRS 2019), 2019, Bandung, Indonesia	Pemakalah oral	MAPIN	2019

## H. KETERLIBATAN DALAM PENGELOLAAN JURNAL ILMIAH

No.	Nama Jurnal	Penerbit	Peran/Tugas	Tahun
1.	Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital, Penerbitan Karya tulisan Ilmiah Terakreditasi Sinta2	LAPAN	Chief Editor	2019 – 2022

No.	Nama Jurnal	Penerbit	Peran/Tugas	Tahun
2.	International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences (IJReSES) terakreditasi S2	LAPAN	Tim redaksi dan Editor dan Reviewer	2017 – 2022

## I. CAPAIAN DALAM BIDANG IPTEK, RISET, DAN INOVASI

### 1. Karya Tulis Ilmiah

#### a) Kualifikasi Karya

No.	Kualifikasi Karya	Jumlah
1.	Buku Internasional	
2.	Buku Nasional	2
3.	Bagian dari Buku Internasional	2
4.	Bagian dari Buku Nasional	4
5.	Jurnal Internasional	21
6.	Jurnal Nasional	8
7.	Prosiding Internasional	29
8.	Prosiding Nasional	7
9.	Paten Internasional Terdaftar : Tersertifikasi	

10.	Patent Nasional	
	Terdaftar	2
	Tersertifikasi	1
11.	Perlindungan Varietas Tanaman (PVT)	
12.	Rumpun atau Galur Hewan/Ikan/Benih Unggul Tanaman Hutan	
13.	Hak Cipta	11
	Total	87

#### b) Kualifikasi Penulis

No.	Kualifikasi Penulis	Jumlah
1.	Penulis Tunggal	2
2.	Bersama Penulis Lainnya	71
	Total	73

No.	Kualifikasi Bahasa	Jumlah
1.	Bahasa Indonesia	8
2.	Bahasa Inggris	65
	Total	73

## J. PEMBINAAN KADER ILMIAH

### 1. Pejabat fungsional peneliti

No.	Nama	Instansi	Peran/Tugas	Tahun
1.	Penilai Perekayasa	LAPAN	Penilai	2011
2.	TP2U	LAPAN	Penilai	2017-2022

## 2. Mahasiswa

No.	Nama	Instansi	Peran/Tugas	Tahun
1.	Tugas Akhir S2, Nurul Musvirini	Dep. T. Elektro, F. Teknik, Universitas Indonesia	Pembimbing ke-2, SK no: 527/04/03/2017/ Pustkdata	2017
2.	Tugas Akhir S1, Iham Tri Putra Sofiyadin	Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Indonesia	Pembimbing ke-2	2018
3.	Tugas Akhir S1, Eca Indah	FMIPA, Universitas Jendral Sudirman	Pembimbing ke-2	2021
4.	Tugas Akhir S1, Dhika Pratama	Dep. T. Elektro, F. Teknik, Universitas Indonesia	Pembimbing ke-2	2021
5.	Disertasi/ S3 an. Indra Riyanto	Dep. T. Elektro, F. Teknik, Universitas Indonesia	Pembimbing ke- 2, Kep Rektor UI no 2168/ SK/R/UI/2021	2021- 2024
6	Tugas Akhir S1 Sdri. Andiri Salsabila	Teknik Geomatika, Institut Sepuluh Nopember	Pembimbing ke-2	2025

## K. ORGANISASI PROFESI ILMIAH

No.	Jabatan	Nama Organisasi	Tahun
1.	Pengurus	MAPIN	2018 – 2026
2.	Anggota	PPI	2022 – 2026
3.	Anggota	IEEE	2018 – 2025

## L. TANDA PENGHARGAAN

No.	Nama Penghargaan	Pemberi Penghargaan	Tahun
1.	Satya Lencana Karya Satya 10 tahun	Presiden RI	2008
2.	Satya Lencana Karya Satya 20 tahun	Presiden RI	2013
3.	Satya Lencana Karya Satya 30 tahun	Presiden RI	2023

**N**askah pengukuhan Profesor Riset ini membahas pengembangan Sistem Cerdas Teknologi Penginderaan Jauh Radar berbasis data siap analisis sebagai fondasi ilmiah dan operasional untuk pemantauan lingkungan dan kebencanaan di wilayah tropis. Indonesia, sebagai negara kepulauan dengan tutupan awan tinggi, dinamika hidrologi ekstrem, dan tingkat kerawanan bencana yang besar, membutuhkan sistem observasi bumi teknologi Synthetic Aperture Radar (SAR) yang mampu menyediakan data spasial yang konsisten, presisi, dan berkelanjutan.

Sinopsis ini merangkum perjalanan riset pada inovasi pengembangan Analisis Ready Data (ARD) SAR yang terstandarisasi, terkoreksi secara geometrik dan radiometrik, serta siap digunakan untuk analisis lanjutan. ARD SAR dikembangkan sebagai basis sistem cerdas yang mampu menghasilkan Derived Radar Products (DRP) secara otomatis dan konsisten lintas sensor, waktu, yang memadukan pendekatan polarimetri, interferometri, dan kecerdasan buatan untuk menghasilkan informasi spasial yang akurat dan adaptif bagi analisis lingkungan dan kebencanaan. Inovasi tersebut diwujudkan dalam bentuk purwarupa perangkat lunak, publikasi ilmiah, hak kekayaan intelektual, serta implementasi operasional. Secara keseluruhan, sistem cerdas penginderaan jauh radar diposisikan sebagai instrumen strategis untuk memperkuat pengambilan keputusan berbasis bukti, meningkatkan ketangguhan wilayah tropis, dan mendukung kemandirian teknologi nasional.

BRIN Publishing  
*The Legacy of Knowledge*

Diterbitkan oleh:  
**Penerbit BRIN**, anggota Ikapi  
Gedung B.J. Habibie Lt. 8,  
Jln. M.H. Thamrin No. 8,  
Kota Jakarta Pusat 10340  
**E-mail:** penerbit@brin.go.id  
**Website:** penerbit.brin.go.id

DOI: 10.55981/brin.3115



ISSN 3090-8485



9 773090 848005