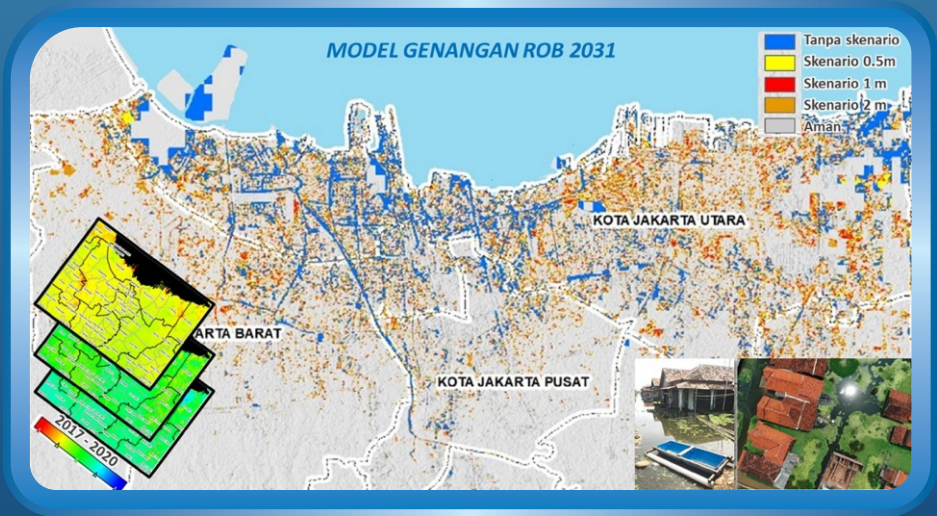


ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH DAN GEOMATIKA

IPTEK PENGINDERAAN JAUH UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS DETEKSI PERMASALAHAN LINGKUNGAN DALAM MENDUKUNG MITIGASI BENCANA DI INDONESIA



OLEH:
MUHAMMAD ROKHIS KHOMARUDIN

**BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL
JAKARTA, 23 DESEMBER 2021**

**IPTEK PENGINDRAAN JAUH UNTUK
MENINGKATKAN KUALITAS DETEKSI
PERMASALAHAN LINGKUNGAN DALAM
MENDUKUNG MITIGASI BENCANA
DI INDONESIA**

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Dilarang mereproduksi atau memperbanyak seluruh atau sebagian dari buku ini dalam bentuk atau cara apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

© Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang No. 28 Tahun 2014

All Rights Reserved

Buku ini tidak diperjualbelikan.



**ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET
BIDANG TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH
DAN GEOMATIKA**

**IPTEK PENGINDRAAN JAUH
UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS
DETEKSI PERMASALAHAN
LINGKUNGAN DALAM MENDUKUNG
MITIGASI BENCANA DI INDONESIA**

**OLEH:
MUHAMMAD ROKHIS KHOMARUDIN**

**BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL
JAKARTA, 23 DESEMBER 2021**

© 2021 Badan Riset dan Inovasi Nasional
Pusat Riset Penerbangan dan Antariksa

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Iptek Pengindraan Jauh untuk Meningkatkan Kualitas Deteksi Permasalahan Lingkungan dalam Mendukung Mitigasi Bencana di Indonesia/Muhammad Rokhis Khomarudin. Jakarta: Penerbit BRIN, 2021.

xi + 76 hlm.; 14,8 x 21 cm

ISBN 978-602-496-305-7 (cetak)
978-602-496-304-0 (e-book)




- | | |
|-----------------------|------------------------------------|
| 1. Pengindraan Jauh | 2. Deteksi Permasalahan Lingkungan |
| 3. Simulasi Perubahan | 4. Mitigasi Bencana |

363.7

Copy editor : Risma Wahyu H. & M. Wildan Fathurrohman
Proofreader : Anggy Denok Sukmawati
Penata Isi : Rahma Hilma Taslima
Desainer Sampul : Dhevi E.I.R. Mahelingga

Cetakan : Desember 2021



Diterbitkan oleh:
Penerbit BRIN
Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah
Gedung BJ Habibie, Jl. M.H. Thamrin No.8,
Kb. Sirih, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340
Whatsapp: 0811-8612-369
E-mail: penerbit@brin.go.id
Website: lipipress.lipi.go.id
 PenerbitBRIN
 Penerbit_BRIN
 penerbit_brin

Buku ini tidak diperjualbelikan.

BIODATA RINGKAS



Muhammad Rokhis Khomarudin, lahir di Pekalongan pada 22 Juli 1974. Anak pertama dari Bapak Zubaidi (alm.) dan Ibu Uripah. Menikah dengan Retno Kustiyah, S.Si. dan dikaruniai satu orang anak, yaitu Fathan Muhammad Alif.

Berdasarkan Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 48/M Tahun 2020 tanggal 23 Juni 2020 yang bersangkutan diangkat sebagai Peneliti Ahli Utama terhitung mulai 3 Juni 2021.

Berdasarkan Keputusan Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional No. 107/HK/2021 tanggal 10 Desember 2021 tentang Pembentukan Majelis Pengukuhan Profesor Riset, yang bersangkutan dapat melakukan pidato pengukuhan Profesor Riset.

Menamatkan Sekolah Dasar Negeri Kedungpatangewu Pekalongan, tahun 1987; Sekolah Menengah Pertama Negeri Wonopringgo Pekalongan, tahun 1990; dan Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Pekalongan, tahun 1993. Memperoleh gelar Sarjana Sains dari Institut Pertanian Bogor tahun 1998, gelar Magister Sains dari Institut Pertanian Bogor tahun 2005, dan gelar Doktor bidang Geografi Penginderaan Jauh dari Ludwig Maximillian University of Munich Jerman tahun 2010.

Mengikuti beberapa pelatihan yang terkait dengan bidang kompetensinya, antara lain Pelatihan Pengindraan Jauh untuk Kesesuaian Lahan Pertanian di Jakarta (1999), Pendidikan dan Pelatihan Metode Riset Tingkat Asisten Peneliti di Jakarta (2001), *Training of Remote Sensing and GIS for Disaster Mitigation* di Bangkok (2003), *Training on Peer Review Publishing* di Munich (2009), Diklat Kepemimpinan TK III (2012), *Training*

on Project Manager for International Charter on Space for Major Disaster di Manila (2013) dan Jakarta (2014), Pelatihan *One Star Scuba Diver* (2014), Diklat Kepemimpinan TK II (2015), *Change Management* (2015), Diklat *Agent of Change* (2016), dan *Training and Upgrading GIS, Remote Sensing dan Spatial Infographic Design* (2021).

Pernah menduduki jabatan struktural sebagai Kepala Bidang Lingkungan dan Mitigasi Bencana Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN (2011–2014) dan Kepala Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh (2014–2021).

Jabatan fungsional peneliti diawali sebagai Asisten Peneliti Madya golongan III/b tahun 2001, Ajun Peneliti Muda golongan III/c tahun 2003, Ajun Peneliti Madya (Peneliti Ahli Muda) golongan III/d tahun 2005, Peneliti Ahli Madya golongan IV/a tahun 2007, Peneliti Ahli Madya golongan IV/b tahun 2014, dan memperoleh jabatan Peneliti Ahli Utama golongan IV/d bidang Teknologi Penginderaan Jauh dan Geomatika tahun 2020.

Menghasilkan 92 karya tulis ilmiah (KTI), baik yang ditulis sendiri maupun bersama penulis lain dalam bentuk buku, jurnal, dan prosiding. Sebanyak 42 KTI ditulis dalam bahasa Indonesia dan 50 KTI dalam bahasa Inggris. Selain itu, juga menghasilkan 4 hak kekayaan intelektual yang terdiri dari 1 paten dan 3 hak cipta.

Ikut serta dalam pembinaan kader ilmiah, yaitu sebagai pembimbing jabatan fungsional peneliti pada Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh; pembimbing skripsi (S1) pada Institut Pertanian Bogor, Universitas Winaya Mukti Sumedang, dan Universitas Sultan Agung Semarang; pembimbing tesis (S2) pada Universitas Indonesia; pembimbing disertasi (S3) pada

Universitas Indonesia; serta penguji disertasi (S3) pada Institut Pertanian Bogor.

Aktif dalam organisasi profesi ilmiah, yaitu sebagai Anggota dan Pengurus PERHIMPI (1999–2021), Anggota dan Pengurus MAPIN (2000–2021), dan Anggota HIMPENINDO (2017–2021). Dalam kegiatan internasionalnya, aktif dalam kegiatan *Sentinel Asia, International Charter Space and Major Disaster*, UN SPIDER, menjadi Delegasi RI dalam perundingan internasional, seperti dalam *Technical Working Group on Transboundary Haze Pollution* dan UNOOSA.

Menerima tanda penghargaan Tangguh Award untuk kerja Tim Mitigasi Bencana Berbasis Satelit dari BNPB (2015), Satyalancana Karya Satya X Tahun (2010), Peserta Terbaik Kedua dalam Diklat Kepemimpinan TK III dari Lembaga Administrasi Negara (2012), Pecora Award dari United States Geological Survey (USGS) dalam Tim International Charter Space and Major Disaster (2017), Satyalancana Karya Satya XX Tahun (2019) dari Presiden RI, dan Pelopor Perubahan Pembangunan Zona Integritas dari KemenPANRB (2020). Penghargaan-penghargaan dari pimpinan LAPAN antara lain Tim Terbaik untuk kegiatan penelitian tentang Mitigasi Bencana (2003), Tim Terbaik untuk Mitigasi Bencana Berbasis Teknologi Satelit (2013), dan Penghargaan sebagai Pelayanan Publik Terbaik (2020).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

DAFTAR ISI

BIODATA RINGKAS	v
PRAKATA PENGUKUHAN	xi
I. PENDAHULUAN	1
II. PERKEMBANGAN IPTEK PENGINDRAAN JAUH DETEKSI PERMASALAHAN LINGKUNGAN UNTUK MITIGASI BENCANA.....	3
III. PRISET PENGINDRAAN JAUH DETEKSI PERMASALAHAN LINGKUNGAN UNTUK MITIGASI BENCANA	6
3.1 Riset Karakteristik Lingkungan.....	6
3.2 Riset Perubahan Lingkungan.....	7
3.3 Deteksi Parameter Pengindraan Jauh untuk Peringatan Dini Bencana	8
3.4 Pembangunan Metode Identifikasi Daerah Terdampak Bencana	10
3.5 Riset Analisis Akar Permasalahan Bencana	11
3.6 Deteksi Pemukiman	12
3.7 Pengembangan Platform Informasi	13
IV. MODEL SIMULASI PERUBAHAN LINGKUNGAN UNTUK MITIGASI BENCANA.....	14
V. RELEVANSI, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI	18
VI. KESIMPULAN.....	21
VII. PENUTUP	22
UCAPAN TERIMA KASIH	24
DAFTAR PUSTAKA.....	26
LAMPIRAN	38
DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH	45
DAFTAR PUBLIKASI LAINNYA.....	58
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	61

Buku ini tidak diperjualbelikan.

PRAKATA PENGUKUHAN

Bismillaahirrahmaanirrahiim.

Assalamu 'alaikum warahmatullaahi wabarakaatuh.

Salam sejahtera untuk kita semua.

Majelis Pengukuhan Profesor Riset 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 (BRIN).

Pada kesempatan yang berbahagia ini, dengan segala kerendahan hati, izinkan saya menyampaikan orasi ilmiah dengan judul:

**“IPTEK PENGINDRAAN JAUH UNTUK
MENINGKATKAN KUALITAS DETEKSI
PERMASALAHAN LINGKUNGAN DALAM
MENDUKUNG MITIGASI BENCANA DI INDONESIA”**

Buku ini tidak diperjualbelikan.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang dapat menjadi sumber pengetahuan sebagai bahan pembelajaran untuk mitigasi bencana di masa depan. Beberapa ilmuwan dunia mempelajari peristiwa bencana di Indonesia, termasuk ilmuwan Jerman yang mengkaji tsunami dan letusan Gunung Krakatau^{1,2,3,4}. Proyek *German Indonesia Tsunami Early Warning System* (GITEWS) merupakan salah satu proyek di dunia yang menjadikan Indonesia sebagai laboratorium terkait dengan bencana. Masih banyak negara lain, seperti Amerika Serikat dan Jepang yang mempelajari karakteristik bencana di Indonesia sebagai bahan-bahan risetnya^{5,6}. Hal ini menjadi tantangan kita untuk memanfaatkan kondisi ini dalam upaya untuk melakukan mitigasi bencana di wilayahnya sendiri.

Mitigasi bencana adalah kunci utama dalam mengurangi risiko bencana. Hal ini disampaikan berulang-ulang oleh Presiden Republik Indonesia, Joko Widodo pada berbagai kesempatan dalam arahannya di forum-forum kebencanaan di Indonesia, seperti rapat koordinasi nasional penanggulangan bencana tahun 2021⁷. Dalam pidato kenegaraan tahun 2019, Bapak Presiden juga menyampaikan bahwa Indonesia berada di *ring of fire* sehingga memerlukan infrastruktur yang kuat untuk mitigasi bencana⁸.

Dalam membangun infrastruktur yang kuat untuk mitigasi bencana diperlukan teknologi. Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk membangun hal tersebut adalah pengindraan jauh. Keunggulan data pengindraan jauh yaitu memiliki data historis yang baik, mencakup area yang luas, dan pengulangan pengambilan data di lokasi yang sama secara kontinu dan dapat memperoleh informasi lahan secara cepat⁹. Permasalahan

lingkungan, seperti perubahan penutup lahan, deforestasi, *land subsidence*, hilangnya pantai, dan deformasi gunung api, dapat dideteksi dengan keunggulan tersebut⁹. Namun, pengindraan jauh juga memiliki keterbatasan-keterbatasan yang masih perlu diminimalisasi melalui kegiatan riset.

Sejalan dengan hal tersebut, selama karier menjadi peneliti, riset-riset yang telah dilakukan berhubungan dengan pemanfaatan pengindraan jauh untuk permasalahan lingkungan dan mitigasi bencana. Analisis pendugaan curah hujan dan kerawanan banjir dengan data satelit studi kasus Kota Semarang merupakan publikasi pertama dalam karier sebagai peneliti¹⁰. Secara konsisten selanjutnya melakukan riset-riset dalam upaya untuk mitigasi bencana banjir, kekeringan, kebakaran lahan dan hutan, gunung api, dan tsunami. Dalam upaya penanggulangan bencana Covid-19, juga berperan serta dalam pembangunan portal LAPAN Hub Covid-19 yang menampilkan tingkat risiko penularan Covid-19 berbasis data pengindraan jauh¹¹.

Dalam riset-riset yang telah dilakukan, terdapat 3 kata kunci penting, yaitu pengindraan jauh, permasalahan lingkungan, dan mitigasi bencana. Oleh karena itu, judul orasi ilmiah ini adalah “Iptek Pengindraan untuk Meningkatkan Kualitas Deteksi Permasalahan Lingkungan dalam Mendukung Mitigasi Bencana di Indonesia”. Dalam orasi ini, deteksi permasalahan lingkungan difokuskan pada pemanfaatan data pengindraan jauh yang selanjutnya dapat digunakan untuk mitigasi bencana. Model simulasi adalah kunci dalam peningkatan kualitas deteksi permasalahan lingkungan untuk mitigasi bencana. Deteksi permasalahan lingkungan dapat dimanfaatkan untuk mengetahui akar permasalahan bencana sehingga dapat disimulasi dan digunakan untuk mitigasi bencana di masa mendatang. Sistematika naskah orasi ilmiah ditunjukkan pada Gambar 1.

II. PERKEMBANGAN IPTEK PENGINDRAAN JAUH DETEKSI PERMASALAHAN LINGKUNGAN UNTUK MITIGASI BENCANA

Perkembangan iptek pengindraan jauh saat ini sudah sangat cepat, berawal dari penggunaan wahana kamera dengan burung dara, pesawat udara, satelit, hingga wahana *drone* berkembang untuk memotret permukaan bumi¹². Demikian juga dengan teknologi nanosatelit yang berkonstelasi memungkinkan mendapat data satelit dengan resolusi temporal dan spasial tinggi¹³. Seiring dengan perkembangan wahana, metode pengolahan data juga berkembang dari pengolahan manual menjadi pengolahan berbasis *machine learning* maupun *artificial intelligence*¹⁴. Hal tersebut didukung dengan ketersediaan data dan teknologi pengolahan data pengindraan jauh yang semakin mudah¹⁵. Pemanfaatannya sudah sangat luas, berawal dari hanya digunakan untuk kepentingan militer hingga saat ini pengindraan jauh sudah digunakan di berbagai macam sektor, terutama permasalahan lingkungan dan kebencanaan^{16,17}.

Pada dasarnya, perkembangan iptek pengindraan jauh untuk permasalahan lingkungan dan mitigasi bencana dibagi menjadi beberapa era, yaitu sebelum tahun 1972, 1972–2000, 2000–2010, dan 2010–sekarang. Pada era sebelum tahun 1972, pengindraan jauh dimanfaatkan untuk memotret permukaan bumi dan lingkungannya, terutama lingkungan perkotaan¹⁸. Sebagian besar metode interpretasi dan analisisnya masih menggunakan interpretasi visual untuk mengenal objek yang dikaji. Pada era ini terjadi lompatan besar saat satelit TIROS-1 meluncur pada tahun 1960 yang digunakan untuk pemantauan cuaca. Potensi bencana-bencana yang terjadi akibat cuaca dapat

dideteksi dengan menggunakan satelit tersebut, seperti potensi munculnya badai salju pada suatu wilayah.

Pada era 1972–2000 terlihat lonjakan yang cukup besar dalam iptek penginderaan jauh terutama dalam pengolahan data dengan metode digital. Perkembangan ini dimulai dengan diluncurkannya satelit Landsat-1 pada tahun 1972. Pemantauan lingkungan secara berkala dapat dilakukan karena satelit ini memotret wilayah yang sama setiap 18 hari. Teknik-teknik pengolahan data berbasis piksel, berbasis indeks seperti *Normalized Different Vegetation Index* (NDVI), dan lainnya berkembang untuk permasalahan lingkungan dan perubahannya¹⁹. Pada era ini juga bermunculan satelit *Synthetic Apertur Radar* (SAR), seperti ERS-1 dan JERS-1 yang dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan lahan, seperti deformasi dan *land subsidence*²⁰. Pemanfaatan data NOAA AVHRR juga banyak dilakukan untuk pemantauan vegetasi, deteksi kebakaran lahan/hutan, dan kekeringan pada era tersebut²¹.

Pada era 2000–2010, berkembang teknik pengolahan data berbasis objek dengan ditandai peluncuran satelit IKONOS pada tahun 1999. Objek permukaan bumi dapat dilihat lebih detail, bahkan banyak kajian yang mengidentifikasi karakteristik bangunan, tipe pohon, dan karakteristik detail objek lainnya²². Riset perbandingan berbasis piksel dan objek mewarnai perkembangan iptek penginderaan jauh pada era tersebut²³. Demikian juga perkembangan kajian tentang subpiksel. Dalam perkembangan untuk permasalahan lingkungan, metode subpiksel lebih akurat untuk analisis degradasi hutan²⁴. Deteksi kerusakan bangunan akibat bencana juga berkembang baik sehingga jumlahnya dapat dihitung dengan cepat²⁵. Pada era ini, satelit Terra/Aqua MODIS yang meluncur pada tahun 1999 menambah semarak perkembangan iptek penginderaan jauh karena memiliki resolusi

spasial dan spektral lebih tinggi dari NOAA AVHRR. Aplikasi untuk mendeteksi permasalahan lingkungan, seperti kebakaran lahan/hutan, banyak dikembangkan dengan menggunakan satelit Terra/Aqua MODIS⁶.

Terakhir, era 2010–sekarang ditandai dengan adanya platform *big data* seperti *Google Earth Engine* yang didukung dengan tersedianya data Landsat secara gratis pada tahun 2012. Selain itu, juga data SAR Sentinel-1 pada tahun 2014 yang membuat pengolahan data untuk tujuan analisis lingkungan dan perubahannya semakin murah²⁷. Penggunaan data SAR Sentinel-1 tersebut semakin berkembang terutama untuk analisis perubahan lahan seperti deformasi dan *land subsidence*²⁰, demikian juga untuk analisis perubahan penutup lahan. Dukungan perkembangan metode machine learning, artificial intelligence, dan juga teknologi internet of things (IOT) membuat pengolahan data penginderaan jauh lebih cepat dan akurat. Gabungan metode tersebut telah dicontohkan untuk pemantauan kesehatan tanaman di Pakistan²⁸. Hasil pemantauan kesehatan tanaman dari sensor di lapangan digunakan untuk pembelajaran (*learning*) perihal klasifikasi data pengindraan jauh, terutama pada permasalahan lingkungan.

Pada era ini perkembangan satelit konstelasi dan nano juga tumbuh dengan cepat untuk mendapatkan data satelit dengan resolusi spasial dan temporal yang sangat tinggi¹³. Adapun contoh dari aplikasi ini adalah *tracking* inundasi banjir di Sungai Yukon Alaska Utara. Satelit konstelasi dan nano dapat memetakan posisi inundasi banjir secara harian dengan resolusi spasial tinggi¹³. Selain itu, juga dicontohkan untuk aplikasi lain seperti kebakaran hutan atau lahan, pertanian, dan tumpahan minyak¹³. Pengembangan riset untuk peningkatan kualitas deteksi permasalahan lingkungan akan semakin menantang.

III. RISET PENGINDRAAN JAUH DETEKSI PERMASALAHAN LINGKUNGAN UNTUK MITIGASI BENCANA

Selama berkarier menjadi peneliti, beberapa riset telah dilakukan berhubungan dengan pemanfaatan teknologi pengindraan jauh untuk deteksi permasalahan lingkungan dalam upaya mitigasi bencana di Indonesia. Jika dikategorikan, riset-riset tersebut dapat dibagi menjadi (1) riset karakteristik lingkungan suatu wilayah, (2) riset perubahan lingkungan suatu wilayah, (3) deteksi parameter pengindraan jauh untuk peringatan dini bencana, (4) pengembangan metode deteksi daerah terdampak, (5) riset analisis akar permasalahan bencana, (6) deteksi pemukiman sebagai lokasi krusial penanganan bencana, dan (7) pengembangan platform informasi dalam penyampaian hasil-hasil riset. Berikut ini disampaikan sari pati riset-riset tersebut dan peluang pengembangannya di masa mendatang.

3.1 Riset Karakteristik Lingkungan

Kemampuan pengindraan jauh dalam mengenali karakteristik lingkungan suatu wilayah seperti penutup atau penggunaan lahan, topografi, aliran sungai, dan jalan tidak diragukan lagi. Banyak riset yang telah melakukan hal tersebut dengan akurasi yang memadai. Hal ini menjadi keuntungan tersendiri bagi peneliti yang memanfaatkannya untuk membangun metode zonasi daerah bahaya dan kerentanan bencana.

Deteksi karakteristik lingkungan suatu wilayah, seperti curah hujan, topografi, penggunaan lahan, serta kedekatan dengan sungai dan pola aliran, telah diterapkan untuk analisis kerentanan banjir di Semarang, Cilacap, dan seluruh Jawa^{10,29,30}. Jika ditambahkan dengan data *hotspot*, jarak dari jalan, tingkat

kehijauan vegetasi, tipe lahan, suhu udara, dan suhu permukaan dapat digunakan untuk zona bahaya dan kerentanan kebakaran lahan/hutan^{31,32}. Karakteristik lingkungan tersebut juga telah digunakan untuk analisis zona bahaya gunung api, terutama topografi dan bentuk lahan^{33,34}. Demikian juga riset tentang tipe karakteristik pantai di Indonesia dengan data Landsat dan simulasi model tsunami dengan karakteristik vegetasi untuk hambatan tsunami dapat digunakan untuk zonasi daerah bahaya tsunami^{35,36,37}. Pengetahuan tentang zona bahaya dan zona kerentanan dapat digunakan untuk analisis risiko bencana yang kemudian digunakan untuk mitigasi bencana.

Kajian-kajian karakteristik lingkungan suatu wilayah untuk mitigasi bencana baik banjir, kebakaran lahan/hutan, gunung api, dan tsunami telah menunjukkan hasil yang baik untuk zonasi daerah bahaya dan kerentanan bencana. Namun, riset dapat dikembangkan ke arah analisis kesehatan lingkungan terhadap bencana. Analisis kesehatan daerah aliran sungai (DAS), kesehatan pantai, dan kesehatan kawasan konservasi perlu terus dikembangkan dengan memanfaatkan hasil riset yang telah ada. Analisis kesehatan suatu ekosistem lebih baik jika diketahui tingkat perubahan lingkungan.

3.2 Riset Perubahan Lingkungan

Beberapa permasalahan lingkungan yang dapat menyebabkan bencana antara lain perubahan penutup lahan, penurunan muka tanah (*land subsidence*), deformasi, perubahan garis pantai, dan perubahan geobiofisik lainnya. Kemampuan teknologi penginderaan jauh untuk mendeteksi perubahan lingkungan telah terbukti dengan riset-riset yang telah dilakukan. Riset analisis degradasi hutan di Kalimantan Barat²⁴ dan perubahan hutan atau deforestasi di Kalimantan Tengah³⁸ menunjukkan akurasi yang baik. Kajian *land subsidence* di 5 kota pantura Jawa juga

menghasilkan tingkat penurunan muka tanah di wilayah tersebut³⁹. Demikian juga terkait dengan deformasi gunung api dan perubahan garis pantai^{40,41}.

Pengembangan riset perubahan lingkungan suatu wilayah tidak hanya terbatas pada tahap deteksi, tetapi juga telah dimanfaatkan untuk analisis dan simulasi perubahan yang kemudian digunakan untuk membuat zonasi daerah bahaya dan kerentanan bencana di masa mendatang. Hasil riset di DAS Citarum membuktikan bahwa metode CA-Markov dapat mensimulasi perubahan penutup lahan hingga tahun 2050⁴². Hasil ini dapat digunakan untuk memetakan potensi banjir di wilayah tersebut⁴³. Metode simulasi penurunan muka tanah di Pekalongan dapat digunakan untuk memperkirakan luasan genangan rob di masa mendatang⁴⁴. Demikian juga metode neraca energi yang dilakukan di Semarang, Surabaya, Gresik, dan Sidoarjo dapat memperkirakan potensi kekeringan jika terjadi perubahan penutup lahan^{45,46}.

Simulasi-simulasi yang telah dilakukan merupakan bagian penting dalam riset perubahan lingkungan suatu wilayah. Gabungan analisis kesehatan lingkungan dan simulasi perubahan dapat digunakan untuk estimasi potensi kejadian bencana di masa mendatang. Pengembangan selanjutnya tidak dapat dilakukan tidak hanya untuk banjir dan kekeringan, tetapi juga bisa untuk tsunami, kebakaran lahan/hutan, dan gunung api. Bahkan, mungkin dapat menjawab isu terkait Jakarta tenggelam di masa mendatang⁴⁷.

3.3 Deteksi Parameter Pengindraan Jauh untuk Peringatan Dini Bencana

Pengindraan jauh juga memiliki kemampuan untuk deteksi parameter geobiofisik seperti curah hujan, suhu permukaan, suhu

udara, dan indeks vegetasi yang dapat digunakan untuk peringatan dini suatu bencana. Pendugaan parameter cuaca seperti curah hujan, suhu udara, dan kelembaban udara telah menggunakan input sistem peringkat bahaya kebakaran⁴⁸. Curah hujan merupakan parameter yang penting dalam peringatan dini bencana banjir, longsor, kekeringan, dan kebakaran lahan/hutan⁴⁹. Pendugaan curah hujan dengan tujuan untuk peringatan dini telah dilakukan dan memberikan hasil yang baik secara spasial untuk memprediksi banjir dan kekeringan hingga 6 bulan ke depan^{50,51}. Suhu udara dapat diestimasi dengan pendekatan termodinamika dan pendekatan *diffusivitas thermal*^{52,53}.

Selain unsur cuaca, hotspot⁵⁴, serta karakteristik energi inframerah gelombang panjang⁵, karakteristik suhu permukaan juga menjadi parameter penting dalam peringatan dini kebakaran lahan/hutan^{55,56}. *Crop Water Stress Index* (CWSI) yang diperoleh dari data penginderaan jauh optis Terra/Aqua *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) dapat digunakan untuk peringatan dini kekeringan tanaman⁵⁷. Sementara itu, untuk gunung api, riset yang mempelajari perkursor sebelum terjadi letusan gunung api telah dilakukan. Suhu permukaan dan deformasi dapat digunakan untuk perkursor letusan di Gunung Rinjani⁵⁸, Gunung Agung⁵⁹, dan Gunung Krakatau⁶.

Setiap bencana memiliki parameter peringatan dini yang berbeda, tetapi hal yang penting dilihat adalah tingkat akurasi dari parameter-parameter yang di deteksi tersebut. Tingkat akurasi setiap parameter akan mempengaruhi akurasi peringatan dini yang dibuat. Akurasi parameter dapat ditingkatkan dengan membedakan kondisi lingkungan suatu wilayah, seperti metode untuk gambut dibedakan untuk nongambut atau dibedakan berdasarkan ekoregion.

3.4 Pembangunan Metode Deteksi Daerah Terdampak Bencana

Pengembangan metode deteksi daerah terdampak bencana dapat dilakukan dengan data sebelum dan sesudah bencana. Riset dengan *Synthetic Aperture Radar* (SAR)⁶⁰ dan juga *Normalized Different Water Index* (NDWI) telah dapat mendeteksi daerah terdampak banjir di Karawang dan Bandung⁶¹. Demikian juga dengan *Normalized Burned Ratio* (NBR) dapat mendeteksi daerah bekas terbakar⁶². Perbedaan metode untuk pegunungan dan nonpegunungan⁶³ serta gambut dan nongambut memberikan akurasi yang lebih baik^{64,65}. Hasil riset yang cukup panjang tersebut telah menghasilkan paten *granted* metode penentuan daerah bekas terbakar dengan data Terra/Aqua MODIS⁶⁶. Riset deteksi daerah terkena letusan telah dilakukan dengan menggunakan SAR untuk Gunung Merapi⁶⁷ dan *reflectance* Landsat-8 untuk Gunung Sinabung⁶⁸. Deteksi daerah terkena dampak bencana tsunami dengan data pengindraan jauh dengan menggunakan data MODIS *reflectance* sebelum dan sesudah terjadi bencana juga telah dilaksanakan⁶⁹.

Pada hasil-hasil riset yang telah dilakukan, hasil deteksi daerah terdampak kemudian di-*overlay*-kan dengan data penggunaan lahan sehingga diketahui luasan penggunaan lahan yang rusak akibat bencana yang terjadi^{60,68}. Hal ini sangat bermanfaat untuk rehabilitasi dan perhitungan kerugian. Namun, untuk mitigasi bencana perlu pengembangan lebih lanjut. Pengembangan telah dilakukan untuk menghubungkan antara daerah terdampak, karakteristik lingkungan, dan besaran bencana yang terjadi. Hasil dapat digunakan untuk membuat fungsi hubungan antara besaran bencana dengan potensi kerusakan. Hal ini telah dilaksanakan dengan menghubungkan antara tingkat kerusakan bangunan dengan besaran bencana yang terjadi untuk Tsunami Palu⁶. Hasil diperoleh suatu fungsi untuk menghitung tingkat

peluang kerusakan bangunan terhadap besaran gempa dan tsunami. Metode-metode seperti deteksi dampak dan kerusakan bencana dapat dimanfaatkan untuk pembelajaran dalam menentukan faktor yang berpengaruh untuk zona bahaya, kerentanan, dan juga kesehatan ekosistem.

3.5 Riset Analisis Akar Permasalahan Bencana

Riset analisis akar permasalahan dari bencana adalah kunci dalam kajian pengindraan jauh deteksi permasalahan lingkungan untuk mitigasi bencana. Oleh karena itu, kajian ini perlu terus dilakukan karena kemampuan perkembangan teknologi pengindraan jauh semakin menantang.

Salah satu riset yang dikerjakan adalah banjir rob yang terjadi di Pekalongan. Banjir rob di Pekalongan dari tahun ke tahun semakin meningkat dan perlu dicari sebabnya. Riset menggunakan data Landsat tahun 1978–2016. Pada riset ini dikaji perubahan garis pantai⁴¹ dan bentuk lahan pantai⁴⁴ yang dihubungkan dengan kejadian banjir rob di Pekalongan. Dua riset ini menemukan bahwa faktor penyebab meluasnya banjir rob di Pekalongan salah satunya adalah karena terjadinya perubahan garis pantai dan hilangnya *beting gisik*. Kajian belum memperhatikan data gelombang pasang dan kenaikan tinggi permukaan laut sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

Riset lain untuk mencari akar permasalahan dilakukan untuk kejadian banjir di Kampung Pulo Jakarta⁷⁰. Data pesawat tanpa awak digunakan untuk deteksi daerah genangan, sedangkan data pengindraan jauh digunakan untuk mendeteksi kepadatan pemukiman di wilayah Kampung Pulo. Pada kejadian banjir yang terjadi setiap tahun tersebut dapat diperoleh bahwa Kampung Pulo terdapat di daerah *meander* sungai dataran aluvial yang memang merupakan daerah banjir (Gambar 2). Upaya yang

dilakukan adalah relokasi, mendirikan bangunan untuk evakuasi vertikal, dan hidup harmoni dengan banjir.

Riset analisis akar permasalahan bencana dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mengkaji penyebab bencana, apakah faktor alam atau faktor manusia. Jika faktor manusia lebih dominan, pengembangan metode forensik akan penting untuk menindak secara hukum perbuatan orang atau kelompok yang menyebabkan bencana.

3.6 Deteksi Pemukiman

Dalam mitigasi bencana, pemukiman merupakan parameter penting untuk menunjukkan lokasi orang melakukan aktivitas⁷¹. Jika terjadi bencana, pemukiman merupakan sentral untuk pandangan awal dalam memperkirakan adanya korban jiwa. Riset untuk mendeteksi pemukiman telah dilakukan dengan data optis dan *syntetic aperture radar* (SAR) untuk Cilacap dan Padang^{72,73}. Metode yang dikembangkan telah menghasilkan akurasi 75–85% untuk data resolusi menengah. Metode yang sama telah diterapkan untuk deteksi pemukiman di wilayah pegunungan dan menghasilkan akurasi lebih rendah⁷⁴.

Deteksi pemukiman menjadi penting untuk ditingkatkan akurasinya terutama untuk wilayah pegunungan. Koreksi topografi menjadi penting dalam peningkatan akurasi dari metode yang telah dikembangkan. Pengembangan metode tidak hanya deteksi pemukiman, tetapi bisa juga dikembangkan lebih detail terkait pemukiman kumuh dan tingkat sosial ekonomi masyarakat^{75,76}. Metode-metode dengan *machine learning* dan *artificial intelegence* dapat digunakan untuk keperluan tersebut.

3.7 Pengembangan Platform Informasi

Selain melakukan riset pengembangan metode pengolahan data pengindraan jauh untuk lebih efisien dan efektif dalam penyampaian hasil riset, platform informasi juga telah dikembangkan. Pengembangan platform informasi kebakaran lahan/hutan dan kebencanaan dengan menggunakan *google earth* hingga pengembangan sistem berbasis android yang diberi nama Sipandora (Sistem Pemantauan Bumi Berbasis Android)^{77,78,79}. Platform informasi lainnya adalah platform *digital service* untuk kebencanaan⁸⁰. Dua sistem yang dibangun telah diberikan hak kekayaan intelektual dalam bentuk hak cipta^{79,80}. Platform informasi terintegrasi dengan sistem yang dikembangkan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, serta Kementerian Pertanian. Seiring perkembangan teknologi dan untuk menjawab isu-isu terkini permasalahan lingkungan dan mitigasi bencana, peningkatan metode perlu dilakukan. Model simulasi perubahan lingkungan merupakan hal yang tepat sebagai peningkatan metode deteksi permasalahan lingkungan dalam mendukung mitigasi bencana di Indonesia.

IV. MODEL SIMULASI PERUBAHAN LINGKUNGAN UNTUK MITIGASI BENCANA

Riset yang panjang telah dilakukan terkait dengan deteksi permasalahan lingkungan untuk mitigasi bencana di Indonesia. Harapannya tentu dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas iptek penginderaan jauh agar lebih dapat dimanfaatkan oleh pemegang kepentingan (*stakeholder*), baik dari pemerintah pusat, daerah, maupun masyarakat. Hasil peningkatan iptek penginderaan jauh tersebut adalah model simulasi perubahan dan permasalahan lingkungan untuk meningkatkan analisis potensi bencana di masa mendatang, analisis penyebab bencana, dan penentuan rekomendasi untuk penanganan bencana.

Sebelumnya, model yang dikembangkan untuk analisis potensi bencana, seperti zonasi daerah bahaya, zonasi kerentanan, dan zonasi risiko, menggunakan data tahun tertentu tidak dapat memprediksi potensi bencana di masa mendatang. Model yang dikembangkan di masa lalu tanpa adanya simulasi juga sulit memperkirakan penyebab bencana yang terjadi dan efek perlakuan tertentu (misalnya pembangunan tanggul atau tempat evakuasi) terhadap suatu bencana. Model simulasi perubahan dan permasalahan lingkungan dapat melakukan hal tersebut dan dapat digunakan untuk penentuan rekomendasi penanganan bencana.

Jika dibandingkan metode konvensional, model simulasi perubahan lingkungan dengan penginderaan jauh memiliki kelebihan, antara lain (1) perubahan lingkungan dapat dideteksi dari tahun ke tahun karena keunggulan data historis yang baik; (2) uji validasi lebih mudah, misalnya jika memiliki data penginderaan jauh antara tahun 2000–2020 maka data tahun 2000–2015 dapat digunakan untuk membangun model prediksi, sedangkan tahun

2020 digunakan untuk validasi sehingga jaminan mutu model simulasi perubahan lingkungan dapat ditunjukkan; (3) Cakupan data pengindraan jauh sangat luas sehingga model simulasi perubahan dapat dilakukan dengan lebih cepat dibandingkan model konvensional untuk analisis pada luasan yang sama; (4) Pengaturan simulasi perubahan lingkungan secara spasial dengan data pengindraan jauh lebih murah dibandingkan pengaturan simulasi pada laboratorium³⁶. Selain *Geographic Information System Spasial Analysis*, model-model seperti *Algoritma Monte-Carlo*³⁴ dan *Cellular Automata Markov (CA Markov)*⁴² dapat digunakan sebagai simulasi perubahan lingkungan untuk mitigasi bencana di masa mendatang.

Isu tenggelamnya DKI Jakarta dan juga beberapa kota di Pantura Jawa menjadi perhatian untuk mengkaji fenomena tersebut. Kota dan Kabupaten Pekalongan merupakan salah satu area yang menarik terkait permasalahan banjir robnya yang semakin meluas dari tahun ke tahun. Metode simulasi perubahan lingkungan digunakan untuk estimasi meluasnya banjir rob di Pekalongan. Metode simulasi diimplementasikan dengan memanfaatkan hasil analisis perubahan bentuk lahan, perubahan *land subsidence*, dan perubahan penutup lahan⁴⁴.

Hasil pengaruh perubahan lingkungan yang dihubungkan dengan meluasnya banjir rob di Pekalongan ditunjukkan pada Gambar 3. Rob yang awalnya di tahun 1988 hanya pada kisaran 500–2.000 m dari garis pantai, meluas pada tahun 2016 menjadi pada kisaran 4.500–6.000 m dari garis pantai. Hasil simulasi ini telah divalidasi oleh data lapangan dengan akurasi lebih dari 80%⁴⁴. Model simulasi perubahan lingkungan ini juga menemukan penyebab meluasnya banjir rob, yaitu hilangnya beting gisik dan penurunan permukaan tanah (*land subsidence*)^{43,44}. Riset simulasi perubahan ini juga digunakan untuk menguji

perencanaan pembangunan tanggul sebagai penanganan bencana. Model simulasi menjawab bahwa tanggul tanpa parapet tidak efektif menangani banjir rob dibandingkan tanggul dengan parapet (Gambar 4)⁸¹.

Model simulasi perubahan lingkungan telah digunakan untuk melihat potensi bencana banjir di masa mendatang pada DAS Citarum. Model simulasi perubahan lahan di DAS Citarum telah dibangun menggunakan metode CA-Markov yang mensimulasi perubahan lahan sampai dengan tahun 2050⁴². Metode ini telah diuji dan mendapatkan akurasi antara 75–80% menggunakan data perubahan penutup lahan yang dianalisis dari data Landsat tahun 1990–2016. Riset selanjutnya adalah menghubungkan perubahan penutup lahan yang terjadi di DAS Citarum dengan zona daerah banjir yang ada di Kota Bandung⁴³. Hasil validasinya juga menghasilkan akurasi yang sangat baik. Metode ini juga telah diuji coba untuk DKI Jakarta (Gambar 5)⁸². Hasil uji coba ini telah menunjukkan bahwa metode simulasi dapat diimplementasikan ke wilayah lain.

Model simulasi perubahan lingkungan juga telah dilakukan untuk estimasi jumlah korban akibat tsunami. Beberapa di antaranya mengenai kajian tentang tipe pantai di Indonesia yang dihubungkan dengan zona bahaya tsunami³⁵, kajian hambatan tsunami (*roughness*)³⁶, serta kajian distribusi orang pada siang dan malam hari⁷¹. Kajian tersebut dapat digabungkan dalam model simulasi untuk menghitung jumlah korban jika tsunami melanda⁷¹. Estimasi jumlah korban dapat disimulasi dengan distribusi orang pada siang dan malam hari, waktu kedatangan (*arrival time*) tsunami, dan waktu yang diperlukan seseorang mencapai tempat evakuasi⁷¹. Diasumsikan bahwa orang yang tidak dapat mencapai tempat aman pada saat kedatangan tsunami adalah korban. Jadi, korban bisa diestimasi dari jumlah orang

yang tidak bisa mencapai tempat evakuasi. Khusus untuk Pantai Barat Bali, kajian ini sangat penting, mengingat banyaknya wisatawan yang berada di pantai sehingga perencanaan evakuasi merupakan hal vital di wilayah tersebut.

Untuk memodelkan hal tersebut, diperlukan informasi distribusi orang secara tepat, informasi waktu kedatangan (*arrival time*) tsunami, jarak antara distribusi orang dan tempat evakuasi, kecepatan orang menuju tempat evakuasi, dan distribusi lokasi tempat evakuasi. Waktu kedatangan tsunami dapat diperoleh dari model tsunami yang dilakukan dengan berbagai macam sumber tsunami, tentunya untuk analisis risiko ditentukan oleh waktu kedatangan tsunami terpendek. Jarak antara distribusi orang dan tempat evakuasi dapat dihitung secara spasial. Kecepatan orang menuju tempat evakuasi dapat dihitung dari rata-rata kecepatan orang ketika berjalan dan berlari. Sementara itu, distribusi tempat evakuasi dapat ditentukan dengan simulasi tempat evakuasi atau dengan data pengindraan jauh. Model simulasi ini dapat menunjukkan secara spasial lokasi yang memiliki potensi jumlah korban jiwa jika dilanda tsunami.

Metode simulasi estimasi jumlah korban ini merupakan perbaikan dari metode zona bahaya dan kerentanan tsunami yang sudah ada karena langsung dapat mengestimasi jumlah korban jiwa jika tsunami melanda di suatu wilayah. Contoh hasil ditunjukkan pada Gambar 6. Hasil ini selanjutnya digunakan untuk perencanaan evakuasi untuk meminimalisasi jumlah korban jika terjadi bencana di masa mendatang. Model simulasi ini selanjutnya dapat diterapkan di wilayah lain seluruh Indonesia.

V. RELEVANSI, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI

Peningkatan kejadian bencana terutama bencana hidrometeorologi, seperti banjir dan longsor di beberapa wilayah disinyalir karena masifnya perubahan penutup lahan⁸³. Isu tenggelamnya DKI Jakarta dan beberapa kota di Pantura Jawa yang sedang hangat juga diindikasikan terjadi karena tingginya penurunan muka tanah di wilayah tersebut dan pemanasan global⁴⁷. Permasalahan perubahan garis pantai yang menyebabkan hilangnya ekosistem pantai seperti mangrove juga merupakan permasalahan yang aktual⁸⁴. Jika tidak segera diantisipasi dan ditangani, peningkatan kejadian bencana bukan keniscayaan lagi. Riset teknologi penginderaan jauh untuk deteksi permasalahan lingkungan dalam upaya mitigasi bencana di Indonesia sangat relevan dengan isu-isu tersebut.

Hasil riset simulasi perubahan lingkungan untuk penanganan banjir rob di Kabupaten Pekalongan telah didiskusikan dengan Bupati Kabupaten Pekalongan. Hasilnya riset yang telah dilakukan akhirnya digunakan untuk penanganan banjir rob di Kabupaten Pekalongan⁸¹. Demikian pula dengan hasil analisis DAS Citarum yang juga telah diberikan kepada Pemerintah Provinsi Jawa Barat untuk dapat digunakan dalam pengambilan keputusan pengendalian perubahan lingkungan di DAS Citarum⁸⁵. Hasil riset untuk penurunan muka tanah telah diminta oleh Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas) dan Kementerian Koordinator Kemaritiman dan Investasi dalam mendukung Proyek Prioritas Strategis (*major project*) pengamanan 5 kota di Pantura Jawa⁸⁶. Hasil riset simulasi estimasi jumlah korban merupakan kontribusi penting dalam Proyek *German Indonesia Tsunami Early Warning System* (GITEWS), yang hasil risetnya

telah diserahterimakan kepada Indonesia melalui Kementerian Riset dan Teknologi untuk dapat digunakan.

Adapun untuk kepentingan masyarakat, telah dikembangkan platform yang bernama Sistem Pemantauan Bumi Nasional Berbasis Android (Sipandora)⁷⁹. Kontribusi yang telah dilakukan adalah pembangunan rancangan sistem dan telah dianugerahi hak cipta untuk sistem tersebut⁷⁹. Hasil-hasil riset yang telah dilakukan dapat dimasukkan dalam sistem tersebut dan dapat dengan mudah diakses langsung oleh masyarakat. Masyarakat dapat menggunakan fitur *user feedback/partisipatory* yang dapat digunakan untuk memberikan masukan terhadap hasil riset sebagai bahan validasi. Fitur tersebut juga memungkinkan masyarakat untuk mengirimkan foto kondisi lapangan yang selanjutnya dapat digunakan sebagai pembelajaran (*learning*) dalam pembuatan model AI untuk pengolahan data pengindraan jauh. Selain itu, pengakuan dari masyarakat terhadap hasil-hasil riset dapat meningkatkan kepercayaan terhadap lembaga dan meningkatkan Indeks Kepuasan Masyarakat (IKM).

Hasil-hasil riset yang telah diperoleh juga dapat mendukung program prioritas riset nasional pengindraan jauh untuk kawasan konservasi, pencegahan pencemaran, kebencanaan, dan pemanfaatan sumber daya alam⁸⁷. Program ini membangun *platform digital service* yang diberi nama Platypus (Platformnya Pengindraan Jauh untuk Semua). Selain sebagai koordinator program tersebut, salah satu paten tentang metode kebakaran lahan/hutan telah dimasukkan dalam platform tersebut⁶⁶. Platform ini memungkinkan proses pengolahan dari data standar hingga menjadi produk informasi yang dapat disampaikan ke kementerian, lembaga, maupun pengguna lainnya. Model *machine learning* dan *artificial intelligence* dimungkinkan untuk dapat dimasukkan dalam sistem, demikian juga model simulasi ke dalam platform

dengan tujuan agar pengolahan data berlangsung otomatis⁸⁷ (Gambar 7). Selanjutnya, kementerian dan lembaga terkait dapat memanfaatkannya untuk pengambilan keputusan. Peran Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) sebagai lembaga riset dapat dirasakan manfaatnya secara langsung. Saat ini, integrasi sistem sudah dilakukan dengan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Kementerian Pertanian (Kementan), dan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Surat pernyataan kemanfaatan dari platform telah disampaikan oleh ketiga institusi tersebut⁸⁸.

Pada kesempatan ini, mengingat kemampuan teknologi penginderaan jauh yang dapat digunakan untuk deteksi permasalahan lingkungan maka rekomendasi yang dapat diusulkan adalah (1) pemantauan lingkungan dan perubahannya secara berkala sehingga dapat diketahui sejak dini permasalahan lingkungannya untukantisipasi terjadinya bencana di masa mendatang; (2) pelaksanaan kegiatan analisis kesehatan lingkungan suatu wilayah, seperti kesehatan daerah aliran sungai diadakan dengan lebih intensif. Hal tersebut dapat membantu menginventarisasi tingkat kesehatan lingkungan suatu wilayah agar dapat digunakan dalam penentuan daerah prioritas untuk ditangani; (3) Jika bencana terjadi, deteksi cepat daerah yang terkena dampak dapat segera dilakukan agar penanganan bencana lebih cepat dan mengurangi dampak susulan lainnya. Hasil deteksi ini dapat digunakan untuk pembelajaran dalam upaya mitigasi bencana di masa mendatang; (4) penegakan hukum atas pelanggaran lingkungan dan tata ruang berbasis mitigasi bencana yang didukung dengan peraturan pemerintah yang berwewasan lingkungan; dan (5) peran serta masyarakat dalam mengawasi kerusakan lingkungan dan pengetahuan kesiapsiagaan terhadap bencana perlu ditingkatkan.

VI. KESIMPULAN

Model simulasi perubahan lingkungan yang telah diterapkan untuk analisis banjir rob Kabupaten Pekalongan, DAS Citarum, dan estimasi jumlah korban bencana tsunami di Pantai Selatan Bali terbukti meningkatkan kualitas deteksi permasalahan lingkungan untuk mitigasi bencana^{41,42,43,44,71}. Hasil model simulasi berbasis pengindraan jauh tidak hanya dapat memprakirakan potensi bencana di masa mendatang, tetapi dapat juga memperkirakan penyebab terjadi bencana dan memprakirakan potensi jumlah korban jiwa terhadap suatu bencana. Penerapan model simulasi telah dilakukan untuk DKI Jakarta dengan performa baik⁸².

Meningkatkan akurasi dan meminimalkan *uncertainty* dalam model simulasi perubahan lingkungan merupakan bagian penting dalam pengembangan riset untuk menghasilkan rekomendasi penanganan bencana yang lebih akurat. Perbedaan metode berdasarkan karakteristik wilayah tertentu menjadi pilihan untuk hal tersebut. Hasil-hasil riset yang telah dilakukan menunjukkan bahwa perbedaan karakteristik wilayah dalam membangun metode atau model memiliki akurasi yang lebih baik.

Selain itu, dengan perkembangan teknologi *machine learning*, *artificial intelligence*, dan IOT yang semakin pesat membuat riset model simulasi perubahan lingkungan sudah dapat diterapkan. Hal tersebut membuat masalah akurasi dan *uncertainty* dapat diselesaikan serta mitigasi bencana di Indonesia dapat semakin akurat, cepat, dan murah.

VII. PENUTUP

Terdapat beberapa tantangan dalam pengembangan pengindraan jauh untuk deteksi permasalahan lingkungan dalam upaya mitigasi bencana di Indonesia, yaitu (1) peningkatan akurasi dan meminimalisasi *uncertainty* dalam penerapan metode untuk wilayah lain, (2) pemanfaatan teknologi *big data*, sistem otomatisasi, dan *internet of things* (IOT), serta (3) komunikasi hasil-hasil riset ke *stakeholder* yang menggunakannya. Kita tidak dapat bekerja sendiri dalam menjawab tantangan tersebut. Oleh karena itu, diperlukan kerja sama agar riset-riset yang telah dihasilkan dapat dimanfaatkan seluas-luasnya oleh *stakeholder*.

Keanekaragaman permasalahan lingkungan di Indonesia menjadi tantangan riset pengindraan jauh di masa mendatang. Model simulasi yang telah diterapkan untuk Pekalongan, DAS Citarum, dan Bali dapat diterapkan di wilayah lain. Penyesuaian model simulasi diperlukan sehingga pemetaan keanekaragaman permasalahan dapat dilakukan. Adapun hasil akhirnya akan diperoleh model simulasi secara nasional dengan akurasi yang memadai. Peningkatan akurasi dan minimalisasi *uncertainty* dapat diperoleh dari riset-riset mendatang.

Selain itu, perkembangan teknologi saat ini terutama *big data* merupakan kekayaan data dan informasi yang dapat digunakan untuk riset tentang permasalahan lingkungan di masa mendatang. Demikian juga terkait dengan perkembangan sistem otomatisasi dan IOT. Riset pengindraan jauh untuk permasalahan lingkungan dengan memanfaatkan *big data* dan IOT merupakan tantangan tersendiri. Data dan informasi yang tersedia dalam *big data* dan sistem IOT dapat digunakan langsung sebagai pembelajaran (*learning*) dalam pengolahan data pengindraan jauh terkait deteksi permasalahan lingkungan untuk mitigasi

bencana. Sistem otomatisasi pengolahan data pengindraan jauh dapat dilakukan dengan teknologi tersebut (Gambar 7). Di masa mendatang, teknologi pengindraan jauh untuk permasalahan lingkungan dalam mendukung mitigasi bencana dapat semakin murah, cepat, dan akurat.

Adapun untuk menjawab tantangan komunikasi dengan *stakeholder*, platform Platypus dan Sipandora dapat digunakan sebagai media. Saat ini sistem sudah terintegrasi dengan kementerian/lembaga lain, tetapi masih banyak tantangan dalam pengembangannya, terutama pada pengembangan teknologi platform informasi. Jika metode-metode standar pengolahan data pengindraan jauh yang sudah dihasilkan dapat diotomatiskan dan terhubung dengan *big data* dan IOT, maka hasil riset dapat disampaikan secara cepat dan akurat ke *stakeholder*. Platypus dan Sipandora dimungkinkan dapat dikembangkan untuk hal tersebut di masa mendatang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Syukur Alhamdulillah, segala puji bagi Allah Swt. yang telah memberikan rahmat-Nya sehingga naskah orasi ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik. Semoga dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang teknologi penginderaan jauh dan geomatika.

Dalam kesempatan kali ini, saya mengucapkan terima kasih kepada Presiden Republik Indonesia, Joko Widodo, atas amanat dan penugasan saya sebagai peneliti utama di BRIN; Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional, Dr. Laksana Tri Handoko, M.Sc., atas dukungannya dalam penyelesaian naskah orasi ilmiah ini. Ketua Tim Penelaah Naskah Orasi Ilmiah, Prof. Dr. Ir. Bambang Subiyanto, M.Agr.; Sekretaris Tim Penelaah Naskah Orasi Ilmiah, Prof. Dr. Ir. Gadis Sri Haryani, DEA.; Tim Penelaah Naskah Orasi Ilmiah, Prof. Dr. Ir. Eddy Hermawan, M.Sc.; Prof. Dr. Ir. Dony Kushardono, M.Eng.; dan Prof. Dr. Ir. Dewayany, M.App.Sc.; panitia pelaksana Pengukuhan Profesor Riset; serta pihak-pihak lain yang berkenaan dengan penyelesaian naskah orasi ilmiah ini.

Dalam menjalani pendidikan, tak lupa saya mengucapkan terima kasih kepada guru-guru SD, SMP, dan SMA yang telah membimbing dalam menempuh pendidikan dasar. Ucapan terima kasih kepada Prof. Dr. Handoko; Ir. Abuyamin Ahmad Nasir (alm.); Prof. Dr. Ahmad Bey (alm.); Prof. Dr. Rizaldi Boer; Dr. Idung Risdiyanto yang telah membimbing penulis sampai jenjang S2 di IPB. Prof. Dr. Guenter Strunz dan Prof. Dr. Ralf Ludwig yang merupakan dua ‘Doctor Vater’ penulis yang selalu sabar memberikan bimbingan dalam penyelesaian studi S3 di Deutches Zentrum fuer Luft und Raumfahrt (DLR) dan Ludwig Maximillian University (LMU). Teman-teman DLR,

Dr. Kai Zosseder, Dr. Joachim Post, Dr. Jorg Szazynty, Matthias Mueck, Dipl. Geogr., dan Stephanie Wegscheider yang telah banyak membantu dalam penyelesaian desertasi.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada para pembimbing di LAPAN, Dr. Mahdi Kartasasmita; Drs. Bambang Tejasukmana, Dipl.Ing; Prof. Dr. Thomas Djamaludin, M.Sc.; Prof. Dr. Erna Sri Adiningsih (Plt. Kepala Organisasi Riset Penerbangan dan Antariksa); Drs. Taufik Maulana, MBA; Dr. Orbita Roswintiarti; Ir. Agus Hidayat, M.Sc.; Dr. Bidawi Hasyim; Dr. Ratih Dewanti; Dr. Bambang Trisakti (alm.); atas dukungan dan bimbingan selama ini dalam meniti karier di LAPAN. Kepada Suwarsono, Parwati, Fajar Yulianto, dan Yenny Vetrira diucapkan terima kasih atas diskusi-diskusi selama ini. Saya juga mengucapkan terima kasih terutama kepada teman-teman; Pak Winanto, Pak Syarif, Pak Priyatna, Pak Haris, dan Pak Bayu selama menjadi struktural di Pusat Pemanfaatan Pengindraan Jauh yang telah membantu pekerjaan sehari-hari. Seluruh pegawai Pusat Pemanfaatan Pengindraan Jauh, terima kasih atas doa dan dukungannya selama ini.

Saya menghaturkan sungkem dan terima kasih kepada kedua orang tua, Bapak Zubaidi (alm.) dan Ibu Uripah, yang telah membimbing, mendidik, dan memberikan doa atas pencapaian saya selama ini. Untuk istriku, Retno Kustiyah, dan anakku, Fathan Muhammad Alif, terima kasih atas kesabaran, dukungan, dan doanya untuk Ayah dalam meniti karier sebagai peneliti. Untuk adik-adikku, Luluk Pertiwi Lucy, Suzie Tri Mardiana, Wiwik Nur Afni Khasanah, Muhammad Hendro Haryadi, Muhammad Husni Mubarak, dan Drh. Denny Sapto Prasetyo, terima kasih atas dukungan dan doanya.

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

DAFTAR PUSTAKA

1. Strunz G, Post J, Zosseder K, Wegscheider S, Mück M, Riedlinger T, Mehl H, Dech S, Birkmann J, Gebert N, Harjono H, Anwar HZ, Sumaryono, **Khomarudin MR**, Muhari A. Tsunami risk assessment in Indonesia. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 2011; 11(1): 67–82.
2. Lauterjung J, Letz H. 10 Years Indonesian tsunami early warning system: Experiences, lessons learned, and outlook. German Research Centre for Geosciences Potsdam. 2017; 68 p.
3. Riedlinger G, Post J, Kiefl R, Strobl C, Strunz G, **Khomarudin MR**, Sumaryono S, Ismail F, Roswintiarti O. Rapid mapping contributions in the context of disaster management-recent examples in Indonesia. *International Symposium on Disaster in Indonesia*. 2007
4. Walter TR, Haghghi MH, Schneider FM, Coppola D, Motagh M, Saul J, Babeyko A, Dahm T, Troll VR, Tilmann F, Heimann S, Valade S, Triyono R, **Khomarudin MR**, Kartadinata N, Laiolo M, Massimetti F, Gaebler P. Complex hazard cascade culminating in the Anak Krakatau sector collapse. *Nature Communications*. 2019; 10: 4339.
5. Elvidge CD, Zhishin M, Hsu FC, Baugh K, **Khomarudin, MR**, Vetrita Y, Sofan P, Suwarsono, Hilman D. Longwave infrared identification of smoldering peat fires in Indonesia with nighttime landsat data. *Environment Research Letters*. 2015; 10: 065002.
6. Mas E, Paulik R, Pakoksung K, Adriano B, Moya L, Supparsi A, Muhari A, **Khomarudin MR**, Yokoya N, Matsuoka M, Koshimura S. Characteristics of tsunami fragility functions developed using different sources of damage data from the 2018 sulawesi earthquake and tsunami. *Pure and Applied Geophysics*. 2020; 177(6): 2437–2455.
7. Transkrip Pidato Presiden Republik Indonesia dalam Peresmian Pembukaan Rakornas Penanggulangan Bencana Tahun 2021. Rabu, 3 Maret 2021. Sekretariat Negara Republik Indonesia.

8. Transkrip Pidato Presiden Republik Indonesia dalam Rangka HUT Ke-74 RI di Depan Sidang Bersama DPD dan DPR. Jumat, 16 Agustus 2019. Sekretariat Negara Republik Indonesia.
9. **Khomarudin MR**, Irawadi D, Suwarsono, Parwati. Pengkajian pemanfaatan data penginderaan jauh multiskala/resolusi untuk kegiatan mitigasi bencana. Prosiding Sinasja, 2014; Bogor. 301–308.
10. **Khomarudin MR**, Adiningsih E. Analisis pendugaan curah hujan dan kerawanan banjir dengan data satelit studi kasus Kota Semarang. Majalah LAPAN. 1998. 85.
11. Yulianto F, Chandra DS, Nugroho UC, Ubay MSN, Suhadha AG, Nugroho G, Roswintiarti O, **Khomarudin MR**, Budhiman S. How space technology applications contributed to combating Covid-19: Development of Lapan hub Covid-19. In collaboration. UN ESCAP Report. 2020.
12. Kucharczyk M, Hugenholtz, CH. Review remote sensing of natural hazard-related disasters with small drones: Global trends, biases, and research opportunities. Remote Sensing of Environment. 2021; 264: 112577.
13. Nagel GW, Novo EMLM, Kappel M. Nanosatellites applied to optical earth observations: A review. Abiente and Agua – An Interdisciplinary Journal of Applied Science. 2020; 15(3): 1–19.
14. Shahabi H, Shirzadi A, Ghaderi K, Omidvar E, Al-Ansari N, Clague JJ, Geertsema M, Khosravi K, Amini A, Bahrami S, Rahmati O, Habibi K, Mohammadi A, Nguyen H, Melesse AM, Ahmad, BB, Ahmad A. Flood detection and susceptibility mapping using Sentinel-1 remote sensing data and a machine learning approach: Hybrid intelligence of bagging ensemble based on k-nearest neighbor classifier. Remote Sens. 2020; 12: 266.
15. **Khomarudin MR**, Priyatna M. Penginderaan jauh dan bencana: Ketersediaan data dan aplikasinya untuk tanggap darurat. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi Pada Pengerangan Resiko Bencana; 2014; Banda Aceh. 22–26.

16. **Khomarudin MR.** Sekapur sirih pemanfaatan penginderaan jauh untuk pemantauan, deteksi, dan kajian lingkungan. Dalam: Hasyim B, Trisakti B, Harsanugraha WK, editor. Bunga Rampai Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Pemantauan, Deteksi, dan Kajian Lingkungan. Bogor: Crespent Press; 2014. iv–xiv.
17. **Khomarudin MR, Wiweka, Sofan P.** Sekapur Sirih Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Mitigasi Bencana di Indonesia. Dalam: Kushardono D, Asriningrum W, Harsanugraha WK, editor. Bunga Rampai Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Mitigasi Bencana. Bogor: Crespent Press; 2014. v–x.
18. Cracknell AP. The development of remote sensing in the last 40 years. *International Journal of Remote Sensing*. 2018; 39(23): 8387–8427.
19. Zaidi SM, Akbari A, Samah AA, Kong NS, Gisen JIA. Landsat-5 time series analysis for land use/land cover change detection using NDVI and semi-supervised classification techniques. *Polish Journal of Environment Studies*. 2017; 26(6): 2833–2840.
20. Solari L, Soldato MD, Biancini S, Ciampalini A, Ezquerro O, Montalti R, Raspini F, Moretti S. From ERS 1/2 to Sentinel-1: Subsidence monitoring in Italy in the last two decades. *Frontiers in Earth Science*. 2018; 6(149): 1–16.
21. Wang Z, Lu Z, Cui G. Spatiotemporal variation of land surface temperature and vegetation in response to climate change based on NOAA-AVHRR Data over China. *MDPI Sustainability*. 2020; 12(3601): 1–16.
22. Pu R, Landry S, Yu Q. Object-based urban detailed land cover classification with high spatial resolution IKONOS imagery. *International Journal of Remote Sensing*. 2011; 32(12): 3285–3308.
23. Jawak SD, Devliyal P, Luis AJ. A comprehensive review on pixel oriented and object oriented methods for information extraction from remotely sensed satellite images with a special emphasis on cryospheric applications. *Advances in Remote Sensing*. 2015; 4: 177–195.

24. Sofan P, Vetrira Y, Yulianto F, **Khomarudin MR**. Multitemporal remote sensing data and spectral indices analysis for detection tropical rainforest degradation: Case study in Kapuas Hulu dan Sintang Districts, West Kalimantan, Indonesia. *Natural Hazards*. 2016; 80(2): 1279–1301.
25. Ji M, Liu L, Du R, Buchroithner MF. A comparative study of texture and convolutional neural network features for detecting collapsed buildings after earthquakes using pre- and post-event satellite imagery. *MDPI Remote Sensing*. 2019; 11(1202): 1–20.
26. Hua L, Shao G. The progress of operational forest fire monitoring with infrared remote sensing. *Journal of Forest Research*. 2017; 28: 215–229
27. Amani M, Ghorbanian A, Ahmadi SA, Kakooei M, Moghimi A, Mirmazloumi SM, Moghaddam SHA, Mahdavi S, Ghahremanloo M, Parsian S, Wu Q, Brisco B. Google earth engine cloud computing platform for remote sensing big data applications: A comprehensive review. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 2000; 13: 5326–5350.
28. Shafi U, Mumtaz R, Iqbal N, Zidi SMH, Zidi SAR, Hussian I, Mahmood Z. A Multi-modal approach for crop health mapping using low altitude remote sensing, Internet of Things (IoT) and Machine Learning. *IEEE Access*. 2020; 8: 112708–112724.
29. Haryani NS, **Khomarudin MR**. Kajian banjir dan tanah longsor di Cilacap dengan menggunakan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. Dalam: Tejasukmana B, Adiningsih ES, **Khomarudin MR**, editor. *Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Bencana*. Bogor: Penerbit Pusfatja; 2000. ISBN 979-95466-7-2
30. **Khomarudin MR**. Penentuan daerah rawan banjir di Pulau Jawa menggunakan sistem informasi geografis. Dalam: Tejasukmana B, Adiningsih ES, **Khomarudin MR**, editor. *Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Iklim*. Bogor: Penerbit Pusfatja; 2000.

31. **Khomarudin MR**, Satriani N. Tingkat kerawanan kebakaran hutan di Kalimantan dengan menggunakan data inderaja dan sistem informasi. Dalam: Tejasukmana B, Adiningsih ES, **Khomarudin MR**, editor. Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Bencana. Bogor: Penerbit Pusfatja; 2000. ISBN 979-95466-7-2
32. Adiningsih ES, Tejasukmana B, **Khomarudin MR**. Dynamical land/forest fire hazard mapping of Kalimantan based on spatial and satellite data. Jurnal Agromet Indonesia. 2006; 20(1): 1–9.
33. **Khomarudin MR**, Wiweka. Daerah bahaya Merapi ditinjau dari data inderaja dan SIG. Dalam: Tejasukmana B, Adiningsih ES, **Khomarudin MR**, editor. Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Bencana. Bogor: Penerbit Pusfatja; 2000. ISBN 979-95466-7-2
34. Parwati, Yulianto F, **Khomarudin MR**. Aplikasi model probablistik dan *energy cone* untuk simulasi zona bahaya gunung api. Jurnal Gunung Api dan Mitigasi Bencana Geologi. 2012; 4(1):
35. Priyatna M, **Khomarudin MR**, Ambarwati DO. Coastal characteristics of Indonesia and its relation to the tsunami hazard. POR-SEC Bali; 2014.
36. **Khomarudin MR**, Kongko W. Learning from tsunami 2004: Estimation of roughness coefficient using remote sensing data. Journal of Information Technology for Natural Resources Management 2011; 2(1): 1–11.
37. Kongko W, Schlurmann T, **Khomarudin MR**. Tsunami model of Cilacap Indonesia: Inundation and its mitigation. AGU Fall Meeting; 2009. 12.
38. Yulianto F, Vetrira Y, **Khomarudin MR**. Analysis of the Enhance Vegetation Index (EVI) multi-temporal terra modis as deforestation indicator in Central Kalimantan, Indonesia. Proceedings. Geosarnas (Geomatika SAR Nasional); 2011. Bogor: Crestpent Press.
39. Yulianto F, Ardha M, Suhadha AG, **Khomarudin MR**. Laporan hasil landsubsidence di 5 wilayah Pantura: Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh; 2021.

40. Suwarsono, Triyono D, **Khomarudin MR**, Rokhmatuloh. Surface deformation due to the 2017-2018 Agung Volcano eruption from Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) Sentinel-1 TOPS. *Journal Physics Confonference Series*. 2020; 1577 012055.
41. Yulianto F, Suwarsono, Maulana T, **Khomarudin MR**. The dynamics of shoreline change analysis based on the integration of remote sensing and geographic information system (GIS) techniques in Pekalongan coastal area, Central Java, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*. 2019; 6(30): 1789–1802.
42. Yulianto F, Maulana T, **Khomarudin MR**. Analysis of the dynamics of land use change and its prediction based on the integration of remotely sensed data and CA-Markov model, in the upstream Citarum Watershed, West Java, Indonesia, *International Journal of Digital Earth*. 2019; 12(10): 1151–1176.
43. Yulianto F, Suwarsono, Nugroho UC, Nunung PN, Sunarmodo W, **Khomarudin MR**. Spatial-temporal dynamics land use/land cover change and flood hazard mapping in the upstream Citarum Watershed, West Java, Indonesia. *Quaestiones Geographicae*. 2020; 39(1): 125–146.
44. Yulianto F, Suwarsono, Maulana, T, **Khomarudin MR**. Analysis of the dynamics of coastal landform change based on the integration of remote sensing and GIS techniques: Implications for tidal flooding impact in Pekalongan, Central Java, Indonesia. *Quaestiones Geographicae*. 2019; 38(3): 17–29.
45. Maharani LP, **Khomarudin MR**, Santosa I. Identifikasi neraca energi untuk deskripsi potensi kekeringan dengan data Landsat TM. *Proceeding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) Masyarakat Penginderaan Jauh Indonesia (MAPIN)*; 2005; Surabaya. 144–120.

46. **Khomarudin MR**, Bey A, Risdiyanto I. Identifikasi neraca energi di beberapa penggunaan lahan untuk deteksi daerah potensi kekeringan di Surabaya, Gresik, dan Sidoarjo. *Proceeding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) Masyarakat Penginderaan Jauh Indonesia (MAPIN)*; 2005; Surabaya. 121–125.
47. Horman J. Phenomenon of sinking Jakarta from groundwater usage and other drivers that affect its implication geographically, social, economically, and its environment. *Journal of Jakarta Groundwater Issue*. 2020; 7810700.
48. **Khomarudin MR**, Noviar H, Roswintiarti O. Estimasi Unsur-unsur cuaca untuk mendukung sistem peringkat bahaya kebakaran hutan/lahan dengan data MODIS. *Proceeding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) Masyarakat Penginderaan Jauh Indonesia*; 2005; Surabaya. 8-12.
49. **Khomarudin MR**, Sariwulan B, Effendy I. Mapping of forest fire, floods, and landslide disaster using remote sensing and GIS for monthly early warning system. *Map Asia Proceeding*; 2005.
50. **Khomarudin MR**, Sariwulan B. Model prediksi banjir dan kekeringan berdasarkan data OLR. *Majalah LAPAN*. 2000; 2(1).
51. **Khomarudin MR**. Pendugaan curah hujan bulanan wilayah dengan data OLR untuk menunjang pemanfaatan iklim. Dalam: Tejasukmana B, Adiningsih ES, **Khomarudin MR**, editor. *Kebijakan nasional dan pemanfaatan cuaca dan iklim di Indonesia*. Penerbit Pusfatja. 2000.
52. **Khomarudin MR**, Roswintiarti O. Determination of air temperature using MODIS based on thermodynamic approach. *Journal of Information Technology for Natural Resources Management*. 2010; 1(1): 43–51.
53. **Khomarudin MR**, Bey A, Risdiyanto I. Estimation of air temperature using remote sensing based on thermal diffusivity approach. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences (IJReSES)* 2006; 3(1): 24–30.

54. **Khomarudin MR**, Vetritya Y, Zubaidah A, and Suwarsono. 2013. Lesson learnt of the forest/land fire occurrence in Riau province to enhance the monitoring methodology. 34th Asian Conference on Remote Sensing; 2013; Bali. 3814–3817.
55. Suwarsono, Zubaidah A, Parwati, **Khomarudin MR**. Analisis karakteristik temperatur area terbakar (*burned area*) menggunakan data Landsat-8 TIRS di Kalimantan. Jurnal Penginderaan Jauh. 2016; 3(1): 13–22.
56. Vetritya Y, Prasasti I, Haryani NS, Priyatna M, **Khomarudin MR**. 2012. Drought and fine fuel moisture code evaluation: An early warning system for forest/land fire using remote sensing approach. IJRESES. 2012; 9(2). ISSN: 0216-6739.
57. **Khomarudin MR**, Sofan P. Crop Water Stress Index (CWSI) estimation using Modis data. International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences (IJReSES). 2006; 3(1): 80–84.
58. Suwarsono, Hidayat, Suprpto T, Prasasti I, Parwati, **Khomarudin MR**. Detecting the brightness temperature from Landsat-8 thermal infra red scanner preceding the Rinjani strombolian eruption 2015. International Symposium on Earth Hazard and Disaster Mitigation (ISEDMD) 2016. AIP Conference Proceedings. 1857, 070006-1–070006-7.
59. Suwarsono, Triyono D, **Khomarudin MR**, Rokhmatuloh. Surface temperature changes of the crater of Agung Volcano from Landsat-8 TIRS during 2017-2018 eruption. Journal of Physics Conference Series. 2020. 1528 012052.
60. Yulianto F, Sofan P, Zubaidah A, Sukowati KAD, Pasaribu JM, **Khomarudin MR**. Detecting areas affected by flood using multitemporal ALOS PALSAR remotely sensed data in Karawang, West Java, Indonesia. Natural Hazard. 2016; 77(2): 959–985.
61. Yulianto F, Suwarsono, Sulma S, **Khomarudin MR**. Observing the inundated area using landsat-8 multitemporal images and determination of flood-prone area in Bandung Basin. International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences. 2018; 15(2): 131–140.

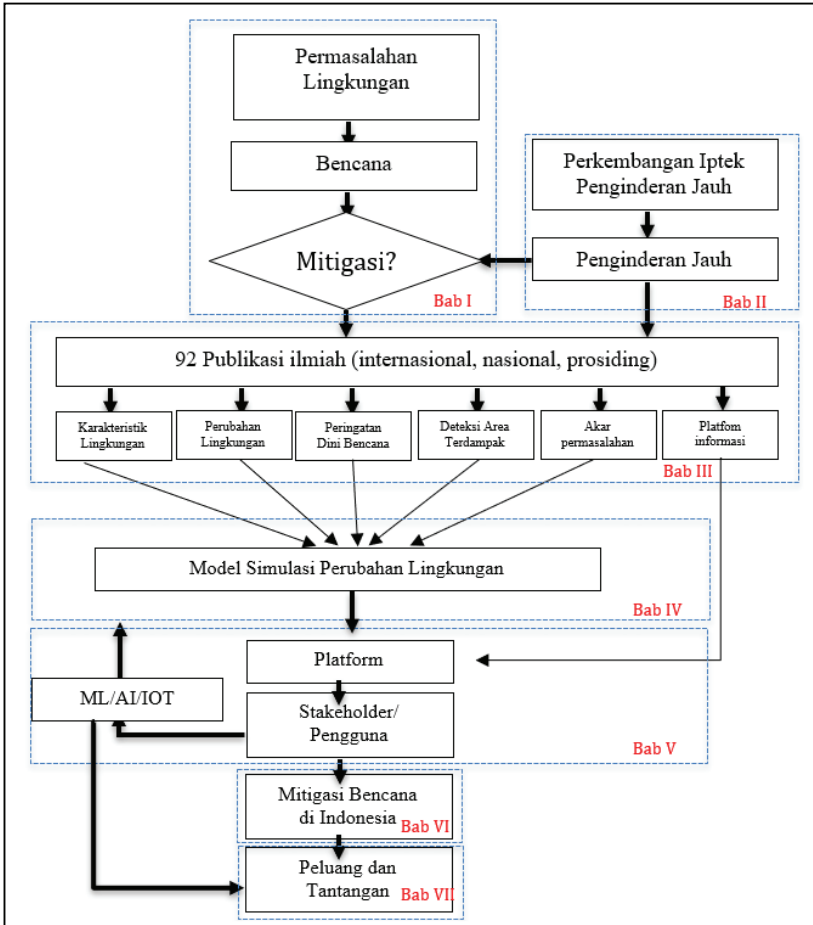
62. Parwati, Zubaidah A, Vetrita Y, Yulianto F, Sukowati, KADS, **Khomarudin MR**. Kapasitas indek lahan terbakar *Normalized Burned Ratio* (NBR) dan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dalam mengidentifikasi bekas lahan terbakar berdasarkan data SPOT-4. *Jurnal Ilmiah Geomatika*. 2012; 18(1).
63. Suwarsono, Fitriana HL, Prasasti I, **Khomarudin MR**. Mapping burned areas from Landsat-8 imageries on mountainous region using reflectance change. *MATEC Web of Conferences*. 2018: 04012.
64. Vetrita Y, Cochrane MA, Suwarsono, Priyatna M, Sukowati KAD, **Khomarudin MR**. Evaluating accuracy of four MODIS-derived burned area products for tropical peatland and non-peatland fires. *Environmental Research Letter*. 16 035015.
65. Sofan P, Bruce D, Jones E, **Khomarudin MR**, Roswintiarti O. Applying the tropical peatland combustion algorithm to Landsat-8 Operational Land Imager (OLI) and Sentinel-2 Multi Spectral Instrument (MSI) imagery. *Remote Sensing*. 2020; 12(23): 3958.
66. **Khomarudin MR**, Prasasti I, Zubaidah A, Suwarsono, Vetrita Y, Sulma S, Fitriana HL, Chulafak GA. Metode untuk mendeteksi daerah terbakar menggunakan data satelit penginderaan jauh. *Paten Indonesia No. IDP000069130*. 2020 Juni 16
67. Yulianto F, Parwati, **Khomarudin MR**, Haidar M. Extracting the damaging effects of the 2010 eruption of Merapi volcano in Central Java, Indonesia. *Natural Hazard* 2012; 66(2): 229–247.
68. Suwarsono, Hidayat, Nugroho JT, Wiweka, Parwati, **Khomarudin MR**. Detecting the affected areas of mount sinabung eruption using Landsat-8 imageries based on reflectance change. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*. 2015; 12(1): 49–62.
69. **Khomarudin MR**. Tsunami affected area identification using MODIS reflectance. *Proceeding Indonesian Remote Sensing Society, Scientific Yearly Meeting; 2006; Bandung*.

70. **Khomarudin MR**, Suwarsono, Ambarwati DO., Prabowo, G. The use of high-resolution images to evaluate the event of floods and to analysis the risk reduction case study: Kampung Pulo, Jakarta. *International Journal of Remote Sensing and Earth Science*. 2017; 11(2): 127–136.
71. **Khomarudin MR**, Strunz G, Ludwig R, Zosseder K, Post J, Kongko W, Pranowo WS. Hazard analysis and estimation of people exposure as contribution to tsunami risk assessment in the West Coast of Sumatra, the South Coast of Java and Bali. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementary Issues*. 2010; 54(3): 337–356.
72. Indrajit A, **Khomarudin MR**. Development of remote sensing technique to classify settlement area for supporting people distribution mapping. *Journal of Information Technology for Natural Resources Management*. 2011; 2(1): 27–39.
73. **Khomarudin MR**, Indrajit A. Combination of speckle divergence and neighborhood analysis to classify settlement from TerraSAR-X. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*. 2012; 9(1): 1–12.
74. Suwarsono, **Khomarudin MR**. Detecting the spatial distribution of settlements on volcanic region using image Landsat-8 oli imagery. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*. 2014; 11(1): 63–72.
75. Mahabir R, Croitoru A, Crooks AT, Agouris P, Stefanidis A. A critical review of high and very high-resolution remote sensing approaches for detecting and mapping slums: Trends, challenges, and emerging opportunities. *MDPI Urban Science*. 2018; 2(8): 1–38.
76. Wurm M, Stark T, Zhu XX, Welgand M, Taubenbock H. Semantic segmentation of slums in satellite images using transfer learning on fully convolutional neural networks. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2019; 150: 59–69.

77. Priyatna M, **Khomarudin MR**. Pemanfaatan globe virtual untuk informasi spasial titik panas di wilayah Indonesia. *Media Digan-tara*. 2011; 6(3): 5–7.
78. **Khomarudin MR**, Priyatna M. Disain sistem ruang krisis (crisis room) kejadian bencana alam berbasis data satelit penginderaan jauh. *Prosiding Seminar Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Mendukung Pembangunan Nasional*; 2011; Bogor. 135-142
79. **Khomarudin MR**, Ardha M, Permana SABS, Sutanto A, Priyatna M. Program Aplikasi “Sistem Pemantauan Bumi Berbasis Android (SIPANDORA)”. *Surat Pencatatan Ciptaan Republik Indonesia No. EC00202008346*. 2020 Maret 20.
80. Priyatna M, Permana SABS, Hidayat T, **Khomarudin MR**, Vallianto B, Ogestro R. Program aplikasi “Platform digital service kebencanaan berbasis web. *Surat Pencatatan Ciptaan Republik Indonesia. No. EC00202121337*. 2021 April 26.
81. Yulianto F, Suwarsono, Maulana T, **Khomarudin MR**, Priyatna M. *Laporan diseminasi riset banjir rob Pekalongan: Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh*; 2017.
82. Ardha M, **Khomarudin MR**, Yulianto F, Suhadha AG,. *Laporan hasil proyeksi wilayah DKI Jakarta di bawah 0 permukaan laut tahun 2031: Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh*; 2021.
83. *Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Status hutan dan kehutanan di Indonesia 2018*. ISBN:978-602-8358-85-9
84. Arifanti VB. *Mangrove management and climate change: a review in Indonesia*. *OP Confonference Series: Earth and Environmental Science*; 2020; 487: 012022.
85. **Khomarudin MR**, Priyatna M, Yulinato F. *Laporan diseminasi riset DAS Citarum: Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh*; 2020.
86. **Khomarudin MR**, Priyatna M, Yulianto F, Ardha M. *Laporan diseminasi riset landsubsidence: Pusat Pemanfaatan Pengindraan Jauh*; 2021.

87. Peraturan Menteri Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia tentang Prioritas Riset Nasional Tahun 2020-2024. 18 Oktober 2019
88. Laporan kinerja Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional Tahun 2020.

LAMPIRAN



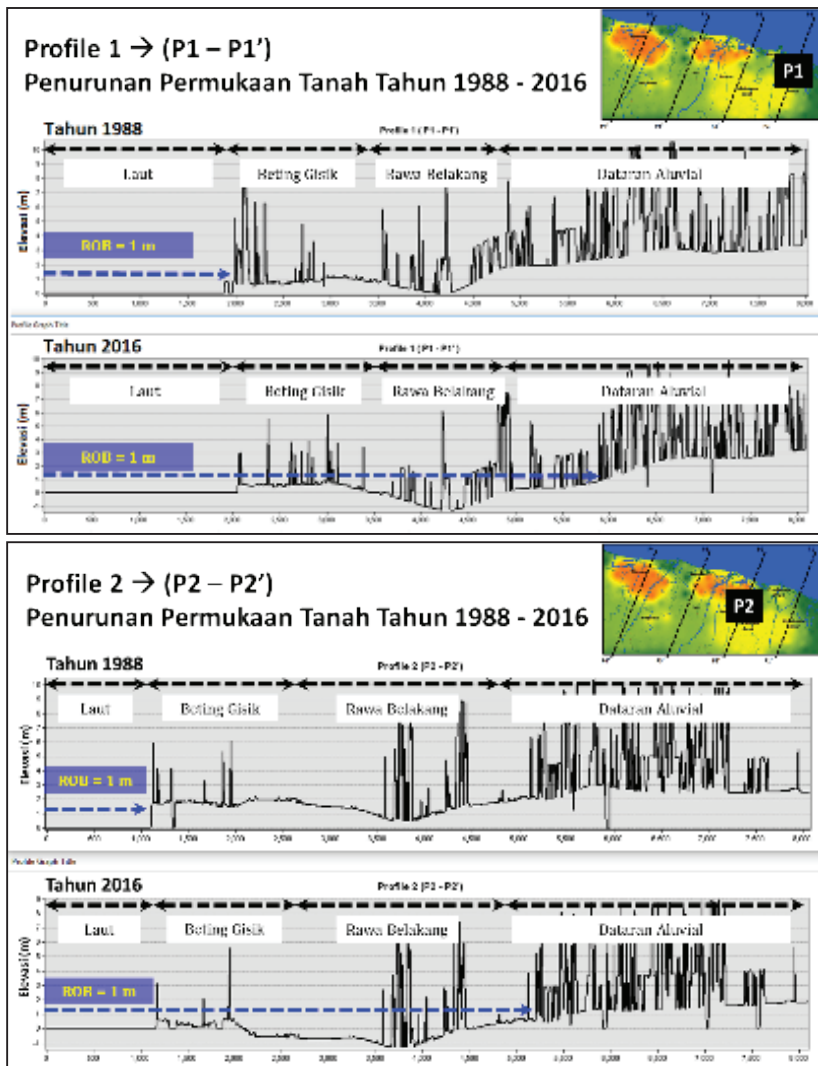
Sumber: Data yang diolah (2021)

Gambar 1. Skema Naskah Orasi Ilmiah



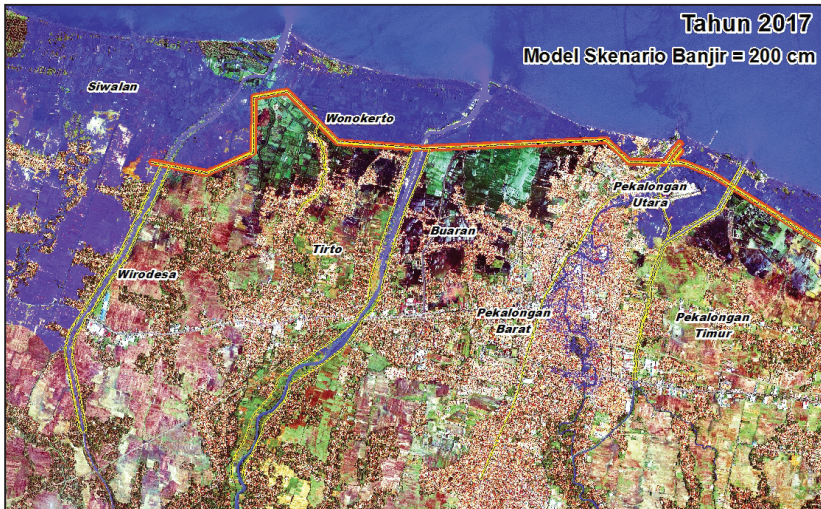
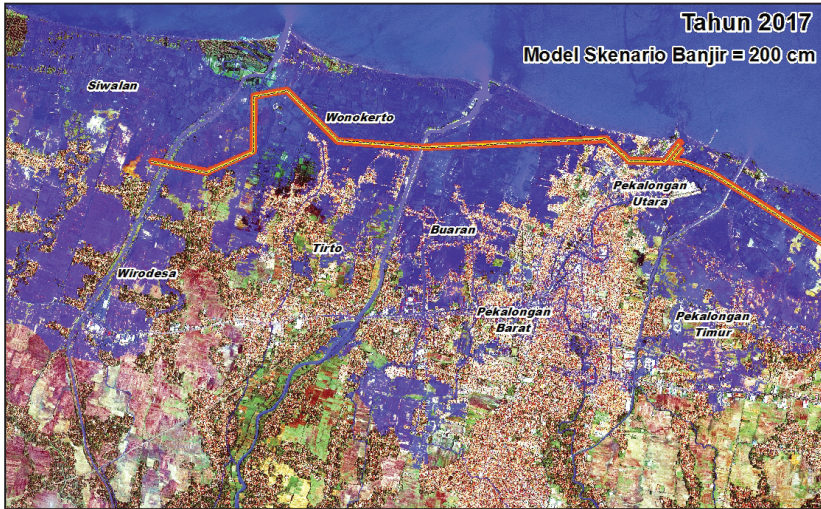
Sumber: Khomarudin dkk. (2017)

Gambar 2. Citra satelit Kampung Pulo menunjukkan bahwa kondisi daerah tersebut rawan banjir karena berada di meander sungai⁷⁰.



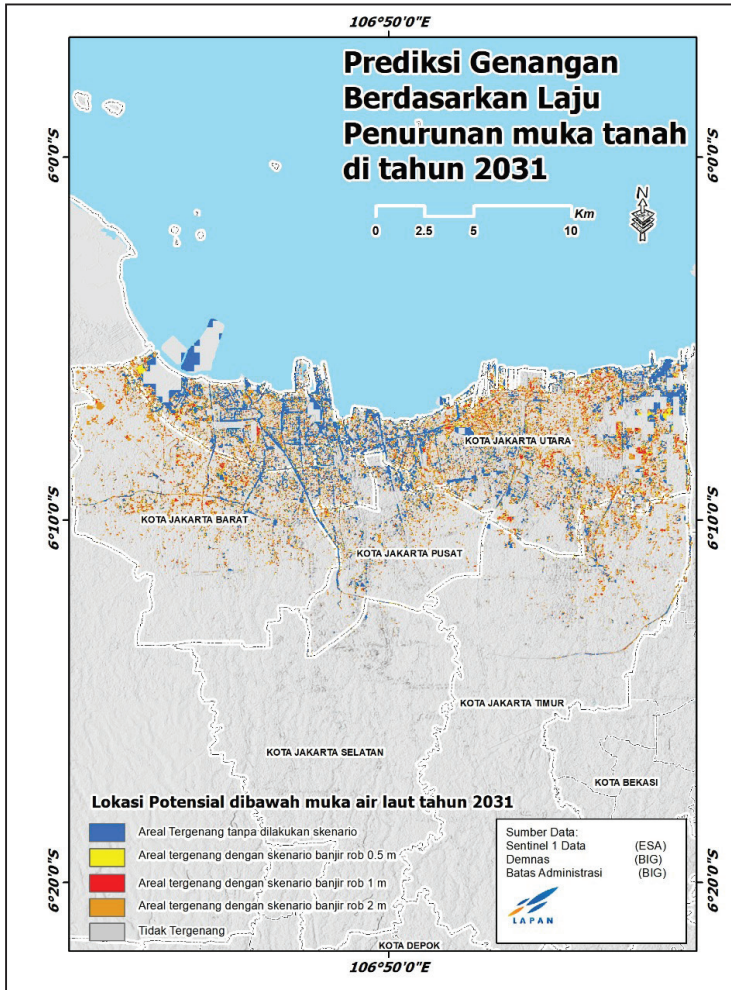
Sumber: Data yang diolah (2017)

Gambar 3. Perubahan jangkauan rob ke daratan dengan simulasi akibat perubahan *land subsidence*⁴⁴.



Sumber: Data yang diolah (2017)

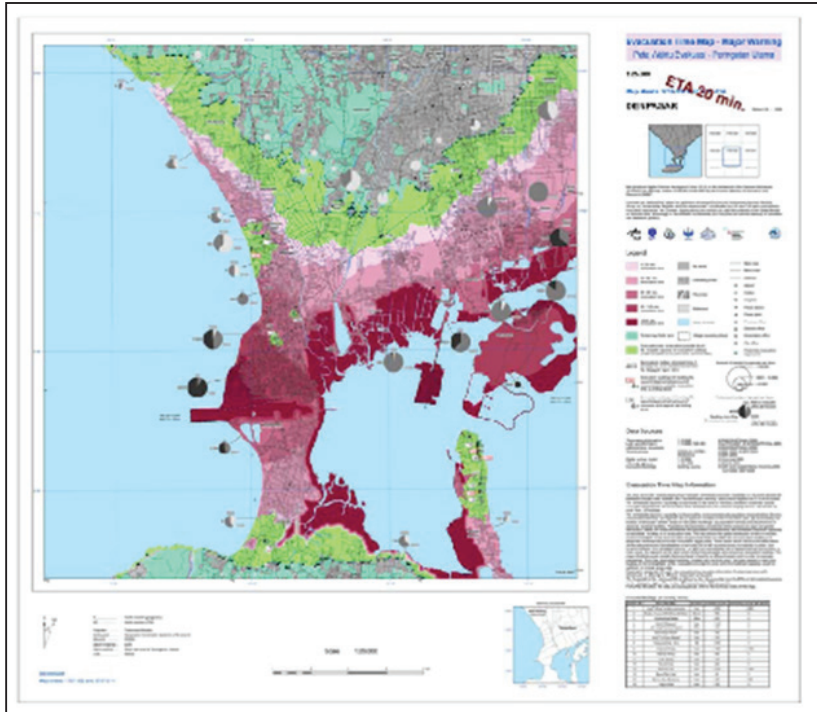
Gambar 4. Simulasi banjir rob untuk analisis pengaruh rencana pembangunan tanggul (tanpa parapet (atas) dan dengan parapet (bawah))⁸¹.



Sumber: Data yang diolah (2021)

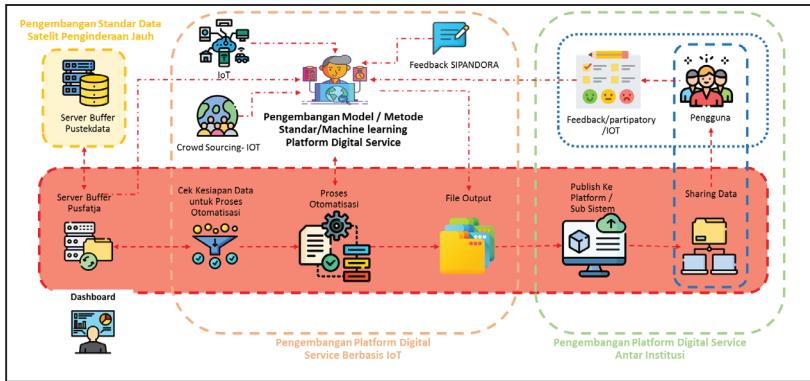
Gambar 5. Proyeksi lokasi di bawah permukaan laut untuk tahun 2031 di DKI Jakarta dengan skenario kenaikan air muka laut⁸².

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Sumber: Khomarudin dkk. (2010)

Gambar 6. Contoh peta perencanaan evakuasi untuk meminimalkan jumlah korban bencana tsunami dengan estimasi waktu kedatangan tsunami 20 menit⁷¹.



Sumber: Tim IOT Pusfatja (2021)

Gambar 7. Skema pemanfaatan teknologi *big data*, IOT, dan pengembangan sistem otomatisasi untuk peningkatan kerja.

DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH

Bagian dari Buku Nasional

1. **Khomarudin MR**, Tejasukmana B. Pemanfaatan informasi iklim untuk perhubungan. Dalam: Tejasukmana B, Adiningsih ES, **Khomarudin MR**, editor. Kebijakan Nasional dan Pemanfaatan Cuaca dan Iklim di Indonesia. Jakarta: Penerbit Pusfatja; 2000. ISBN 979-95466-3-X.
2. **Khomarudin MR**. Pendugaan curah hujan bulanan wilayah dengan data OLR untuk menunjang pemanfaatan iklim. Dalam: Tejasukmana B, Adiningsih ES, **Khomarudin MR**, editor. Kebijakan Nasional dan Pemanfaatan Cuaca dan Iklim di Indonesia. Jakarta: Penerbit Pusfatja; 2000. ISBN 979-95466-3-X
3. **Khomarudin MR**, Satriani N. Tingkat kerawanan kebakaran hutan di Kalimantan dengan menggunakan data inderaja dan sistem informasi. Dalam: Tejasukmana B, Adiningsih ES, **Khomarudin MR**, editor. Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Bencana. Jakarta: Penerbit Pusfatja; 2000. ISBN 979-95466-7-2
4. **Khomarudin MR**. Penentuan daerah rawan banjir di Pulau Jawa menggunakan sistem informasi geografis. Dalam: Tejasukmana B, Adiningsih ES, **Khomarudin MR**, editor. Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Bencana. Jakarta: Penerbit Pusfatja; 2000. ISBN 979-95466-7-2
5. **Khomarudin MR**, Wiweka. Daerah bahaya Merapi ditinjau dari data inderaja dan SIG. Dalam: Tejasukmana B, Adiningsih ES, **Khomarudin MR**, editor. Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Bencana. Jakarta: Penerbit Pusfatja; 2000. ISBN 979-95466-7-2
6. **Khomarudin MR**. Deteksi dan pemantauan kebakaran hutan/ lahan menggunakan data inderaja. Dalam: Tejasukmana B, Adiningsih ES, **Khomarudin MR**, editor. Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Bencana. Jakarta: Penerbit Pusfatja; 2000. ISBN 979-95466-7-2

7. **Khomarudin MR.** Pengolahan dan analisis data OLR untuk prediksi curah hujan dan hubungan dengan masa tanam padi. Dalam: Tejasukmana B, Adiningsih ES, **Khomarudin MR**, editor. Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Bencana. Jakarta: Penerbit Pusfatja; 2000. ISBN 979-95466-7-2
8. Haryani NS, **Khomarudin MR.** Kajian banjir dan tanah longsor di Cilacap dengan menggunakan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. Dalam: Tejasukmana B, Adiningsih ES, **Khomarudin MR**, editor. Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Bencana. Jakarta: Penerbit Pusfatja; 2000. ISBN 979-95466-7-2
9. **Khomarudin MR.** El Nino dampaknya di Indonesia dan peran satelit inderaja dalam pemantauannya. Dalam: Tejasukmana B, Adiningsih ES, **Khomarudin MR**, editor. Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Bencana. Jakarta: Penerbit Pusfatja; 2000. ISBN 979-95466-7-2
10. Sulma S, **Khomarudin MR**, Haryani NS. Pemanfaatan data satelit penginderaan jauh untuk deteksi tumpahan minyak di perairan pantai dan laut. Dalam: Hasyim B, Trisakti B, Harsanugraha WK, editor. Bunga Rampai Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Pemantauan, Deteksi, dan Kajian Lingkungan. Bogor: Crespent Press; 2014.
11. Priyatna M, **Khomarudin MR**, Sukowati, KADS. Spasial pemantauan kabut asap (*haze*) di Provinsi Riau dengan menggunakan google earth. Hasyim B, Trisakti B, Harsanugraha WK, editor. Bunga Rampai Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Pemantauan, Deteksi, dan Kajian Lingkungan. Bogor: Crespent Press; 2014.
12. **Khomarudin MR.** Sekapur sirih pemanfaatan penginderaan jauh untuk pemantauan, deteksi, dan kajian lingkungan. Dalam: Hasyim B, Trisakti B, Harsanugraha WK, editor. Bunga Rampai Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Pemantauan, Deteksi, dan Kajian Lingkungan. Bogor: Crespent Press; 2014. iv–xiv.

13. **Khomarudin MR**, Wiweka, Sofan P. Sekapur sirih pemanfaatan penginderaan jauh untuk mitigasi bencana di Indonesia. Dalam: Kushardono D, Asriningrum W, Harsanugraha WK, editor. Bunga Rampai Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Mitigasi Bencana. Bogor: Crespent Press; 2014. v–x.
14. Priyatna M, **Khomarudin MR**. Analisis proses bisnis sistem informasi dan mitigasi bencana alam (SIMBA) center untuk mendukung informasi tanggap darurat kebencanaan. Dalam: Kushardono D, Asriningrum W, Harsanugraha WK, editor. Bunga Rampai Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Mitigasi Bencana. Bogor: Crespent Press; 2014.

Jurnal Internasional

15. **Khomarudin MR**, Strunz G, Ludwig R, Zosseder K, Post J, Kongko W, Pranowo WS. Hazard analysis and estimation of people exposure as contribution to tsunami risk assessment in the West Coast of Sumatra, the South Coast of Java and Bali. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementary Issues*. 2010; 54(3): 337–356.
16. Strunz G, Post J, Zosseder K, Wegscheider S, Mück M, Riedlinger T, Mehl H, Dech S, Birkmann J, Gebert N, Harjono H, Anwar HZ, Sumaryono, **Khomarudin MR**, Muhari A. Tsunami risk assessment in Indonesia. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 2011; 11(1): 67–82
17. Yulianto F, Parwati, **Khomarudin MR**, Haidar M. Extracting the damaging effects of the 2010 eruption of Merapi volcano in Central Java, Indonesia. *Natural Hazard*. 2012; 66(2): 229–247.
18. Elvidge CD, Zhishin M, Hsu FC, Baugh K, **Khomarudin MR**, Vetritya Y, Sofan P, Suwarsono, Hilman D. Longwave infrared identification of smoldering peat fires in Indonesia with nighttime landsat data. *Environment Research Letters*. 2015; 10: 065002.
19. Sofan P, Vetritya Y, Yulianto F, **Khomarudin MR**. Multitemporal remote sensing data and spectral indices analysis for detection tropical rainforest degradation: Case study in Kapuas Hulu dan Sintang Districts, West Kalimantan, Indonesia. *Natural Hazards*. 2016; 80(2): 1279–1301.

20. Yulianto F, Sofan P, Zubaidah A, Sukowati KAD, Pasaribu JM, **Khomarudin MR**, 2016. Detecting areas affected by flood using multitemporal ALOS PALSAR remotely sensed data in Karawang, West Java, Indonesia. *Natural Hazards*. 2016; 77(2): 959–985
21. Yulianto F, Suwarsono, Maulana T, **Khomarudin MR**. The dynamics of shoreline change analysis based on the integration of remote sensing and geographic information system (GIS) techniques in Pekalongan coastal area, Central Java, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*. 2019; 6(30): 1789–1802.
22. Yulianto F, Suwarsono, Maulana T, **Khomarudin MR**. Analysis of the dynamics of coastal landform change based on the integration of remote sensing and GIS techniques: Implications for tidal flooding impact in Pekalongan, Central Java, Indonesia. *Quaestiones Geographicae*. 2019; 38(3): 17–29
23. Walter TR, Haghighi MH, Schneider FM, Coppola D, Motagh M, Saul J, Babeyko A, Dahm T, Troll VR, Tilmann F, Heimann S, Valade S, Triyono R, **Khomarudin MR**, Kartadinata N, Laiolo M, Massimetti F, Gaebler P. Complex hazard cascade culminating in the Anak Krakatau sector collapse. *Nature Communications*. 2019; 10: 4339.
24. Yulianto F, Maulana T, **Khomarudin MR**. Analysis of the dynamics of land use change and its prediction based on the integration of remotely sensed data and CA-Markov model, in the upstream Citarum Watershed, West Java, Indonesia. *International Journal of Digital Earth*. 2019; 12(10): 1151–1176.
25. Mas E, Paulik R, Pakoksung K, Adriano B, Moya L, Suppari A, Muhari A, **Khomarudin MR**, Yokoya N, Matsuoka M, Koshimura S. Characteristics of tsunami fragility functions developed using different sources of damage data from the 2018 Sulawesi earthquake and tsunami. *Pure and Applied Geophysics*. 2020; 177(6): 2437–2455

26. Vetritya Y, Cochrane MA, Suwarsono, Priyatna M, Sukowati KAD, **Khomarudin MR**. Evaluating accuracy of four MODIS-derived burned area products for tropical peatland and non-peatland fires. *Environ. Res. Lett.* 2020; 16: 035015.
27. Sofan P, Bruce D, Jones E, **Khomarudin MR**, Roswintiarti O. Applying the tropical peatland combustion algorithm to Landsat-8 Operational Land Imager (OLI) and Sentinel-2 Multi Spectral Instrument (MSI) imagery. *Remote Sensing.* 2020; 12(23): 3958.
28. Yulianto F, Suwarsono, Nugroho UC, Nunung PN, Sunarmodo W, **Khomarudin MR**. Spatial-temporal dynamics land use/land cover change and flood hazard mapping in the upstream Citarum Watershed, West Java, Indonesia. *Quaestiones Geographicae.* 2020; 39(1): 125–146.

Jurnal Nasional

29. **Khomarudin MR**, Adiningsih E. Analisis pendugaan hurah hujan dan kerawanan banjir dengan data satelit studi kasus Kota Semarang. *Majalah LAPAN.* 1998; 85.
30. Adiningsih ES, **Khomarudin MR**. Pengaruh variabilitas iklim terhadap produktivitas tanaman padi berdasarkan data penginderaan jauh. *Journal Agromet.* 1999; 24(1):
31. **Khomarudin MR**, Sariwulan B. Model prediksi banjir dan kekeringan berdasarkan data OLR. *Majalah LAPAN.* 2000; 2(1).
32. **Khomarudin MR**, Sulisty B. Estimasi hari panen dan produksi tanaman jagung menggunakan data inderaja dan SIG (studi kasus tahun 1997 dan 1998). *Majalah LAPAN Inderaja.* 2000; 2(2).
33. **Khomarudin MR**, Kusumaningrum B. Pendugaan npp hutan menggunakan data Satelit NOAA/AVHRR. *Indonesian Journal of Remote Sensing, Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia.* 2000; 1(1):
34. Adiningsih ES, Tejasukmana B, **Khomarudin MR**. Dynamical land/forest fire hazard mapping of Kalimantan based on spatial and satellite data. *Jurnal Agromet Indonesia.* 2006; 20(1): 1–9.

35. **Khomarudin MR**, Bey A, Risdiyanto I. Estimation of air temperature using remote sensing based on thermal diffusivity approach. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences (IJReSES)*. 2006; 3(1): 24–30.
36. Haryani NS, Kustiyo, **Khomarudin MR**, Parwati. Perubahan kerusakan lahan Pulau Madura menggunakan penginderaan jauh dan SIG. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Digital*. 2006; 3(1):
37. **Khomarudin MR**, Sofan P. Crop Water Stress Index (CWSI) estimation using MODIS data. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences (IJReSES)*. 2006; 3(1): 80–84
38. **Khomarudin MR**, Strunz G, Post J, Zosseder K, Ludwig R.: Derivation of population distribution by combining census and landuse data: As an input for tsunami risk and vulnerability assessment. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*. 2009; 6: 46–56.
39. **Khomarudin MR**, Roswintiarti O. Determination of air temperature using MODIS based on thermodynamic approach. *Journal of Information Technology for Natural Resources Management*. 2010; 1(1): 43–51.
40. Indrajit A, **Khomarudin MR**. Development of remote sensing technique to classify settlement area for supporting people distribution mapping. *Journal of Information Technology for Natural Resources Management*. 2011; 2(1): 27–39.
41. **Khomarudin MR**, Kongko W. Learning from tsunami 2004: Estimation of roughness coefficient using remote sensing data. *Journal of Information Technology for Natural Resources Management*. 2011; 2(1): 1–11.
42. **Khomarudin MR**, Indrajit A. Combination of speckle divergence and neighborhood analysis to classify settlement from TerraSAR-X. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*. 2012; 9(1): 1–12.

43. Parwati, Zubaidah A, Vetrita Y, Yulianto F, Sukowati, KADS, **Khomarudin MR**. Kapasitas indek lahan terbakar *Normalized Burned Ratio* (NBR) dan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dalam mengidentifikasi bekas lahan terbakar berdasarkan data SPOT-4. *Jurnal Ilmiah Geomatika*. 2012; 18(1):
44. Parwati, Yulianto F, **Khomarudin MR**. Aplikasi model probabilitas dan *energy cone* untuk simulasi zona bahaya gunung api. *Jurnal Gunung Api dan Mitigasi Bencana Geologi*. 2012; 4(1):
45. Vetrita, Y., Prasasti, I., Haryani, N.S., Priyatna, M., **Khomarudin MR**. Drought and fine fuel moisture code evaluation: An early warning system for forest/land fire using remote sensing approach. *IJRESES*. 2012; 9(2): ISSN: 0216-6739.
46. Trisakti B, Tjahyaningsih A, **Khomarudin MR**. Potensi pemanfaatan citra satelit untuk mendukung perhitungan nilai objek pajak perkebunan kelapa sawit. *Jurnal Survey dan Penilaian Properti*. 2013; 8:
47. Suwarsono, **Khomarudin MR**. Detecting the spatial distribution of settlements on volcanic region using image Landsat-8 oli Imagery. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*. 2014; 11(1): 63–72.
48. Zubaidah A, Vetrita Y, **Khomarudin MR**. Validasi *hotspot* modis di wilayah Sumatera dan Kalimantan berdasarkan data penginderaan jauh SPOT-4 tahun 2012. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*. 2014; 11(1):
49. Suwarsono, Hidayat, Nugroho JT, Wiweka, Parwati, **Khomarudin MR**. Detecting the affected areas of mount sinabung eruption using Landsat-8 imageries based on reflectance change. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*. 2015; 12(1): 49–62.
50. Suwarsono, Zubaidah A, Parwati, **Khomarudin MR**. Analisis karakteristik temperatur area terbakar (*burned area*) menggunakan data Landsat-8 TIRS di Kalimantan. *Jurnal Penginderaan Jauh*. 2016; 3(1): 13–22.

51. **Khomarudin MR**, Suwarsono, Ambarwati DO, Prabowo G. The use of high resolution images to evaluate the event of floods and to analysis the risk reduction case study: Kampung Pulo, Jakarta. *International Journal of Remote Sensing and Earth Science*. 2017; 11(2): 127–136.
52. Suwarsono, Haryani NS, Prasasti I, Fitriana HL, Priyatna, M, **Khomarudin MR**. Detecting the area damage due to coal mining activities using Landsat multitemporal (Case study: Kutai Kartanegara, East Kalimantan). *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*. 2017; 14(2):151–158.
53. Yulianto F, Suwarsono, Sulma S, **Khomarudin MR**. Observing the inundated area using landsat-8 multitemporal images and determination of flood-prone area in Bandung Basin. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*. 2018; 15(2): 131–140.
54. Hidayat T, Priyatna M, Sutanto A, Al Khudri A, **Khomarudin MR**. Informasi sebaran titik panas berbasis WebGIS untuk pemantauan kebakaran hutan dan lahan di Indonesia. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 2019; 20(1):
55. Suwarsono, Yulianto F, Fitriana HF, Nugroho UC, Sukowati KAD, **Khomarudin MR**. Detecting the surface water area in Citarata Dam upstream Citarum using a water index from Sentinel-2. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*. 2020; 17(1): 1–8.

Prosiding Internasional

56. **Khomarudin MR**, Sariwulan B, Effendy I. Mapping of forest fire, floods and landslide disaster using remote sensing and GIS for monthly early warning system. *Map Asia Proceeding*; 2005.
57. Roswintiarti O, **Khomarudin MR**. Use of satellite remote sensing data to develop early warning system for forest/land fire management in Indonesia. *Proceeding the Second ASEAN Space Technology and Applications Conference (ASTAC)*; 2005; Jakarta.

58. **Khomarudin MR**, Bey A, Risdiyanto I. Determination of air temperature using MODIS based on thermodynamic approach. International Seminar on Space Technology and Applications; 2006; Islamabad, Pakistan.
59. **Khomarudin MR**, Roswintiarti O, Solichin, Suwarsono. Burn-scar determination using minimum reflectance and thermal fire parameters from MODIS data (Case study of South Sumatera, Indonesia). International Seminar on Space Technology and Applications; 2006; Islamabad, Pakistan.
60. **Khomarudin MR**. Tsunami affected area identification using MODIS reflectance. Proceeding Indonesian Remote Sensing Society, Scientific Yearly Meeting; 2006; Bandung.
61. Riedlinger G, Post J, Kiefl R, Strobl C, Strunz G, Rokhis **Khomarudin MR**, Sumaryono S, Ismail F, Roswintiarti O. Rapid mapping contributions in the context of disaster management-Recent Examples in Indonesia. International Symposium on Disaster in Indonesia; 2007.
62. Kongko W, Schlurmann T, **Khomarudin MR**. Tsunami model of Cilacap Indonesia: inundation and its mitigation. AGU Fall Meeting; 2009, 12.
63. Yulianto F, **Khomarudin MR**, Parwati. A review of using SAR imagery for disaster emergency response. Proceedings Geosarnas (Geomatika SAR Nasional); 2011; Bogor. Bogor: Crestpent Press.
64. Parwati, Yulianto F, **Khomarudin MR**. The piroclastics hazard simulation of Merapi volcano based one energy cone modelling from DEM SRTM. Proceedings Geosarnas (Geomatika SAR Nasional); 2011; Bogor. Bogor: Crestpent Press.
65. **Khomarudin MR**, Priyatna M. Spatial information of using globe virtual. Proceedings Geosarnas (Geomatika SAR Nasional); 2011; Bogor. Bogor: Crestpent Press.

66. Yulianto F, Vetrita Y, **Khomarudin MR**. Analysis of the Enhance Vegetation Index (EVI) multi-temporal terra modis as deforestation indicator in Central Kalimantan, indonesia. Proceedings Geosarnas (Geomatika SAR Nasional); 2011; Bogor. Bogor: Crestpent Press.
67. Yulianto F, **Khomarudin MR**. Modelling impact of tidal inundation to fispond area in Pantura coast zone, Central Java Indonesia. Proceedings Geosarnas (Geomatika SAR Nasional); 2011; Bogor. Bogor: Crestpent Press.
68. **Khomarudin MR**, Vetrita Y, Zubaidah A, and Suwarsono. 2013. Lesson learnt of the forest/land fire occurence in Riau province o enhance the monitoring methodology. 34th Asian Conference on Remote Sensing; 2013; Bali. 3814–3817.
69. Priyatna M, **Khomarudin MR**, Ambarwati DO. Coastal characteristics of Indonesia and its relation to the tsunami hazard. PORSEC; 2014; Bali.
70. Suwarsono, Hidayat, Nugroho JT, Wiweka, Parwati, **Khomarudin MR**. Detecting the affected areas of Mount Sinabung eruption using Landsat-8 base on reflectance change. PORSEC; 2014; Bali.
71. Elvidge CD, Zhizhin M, Hsu FC, Baugh K, Vetrita Y, Suwarsono, **Khomarudin MR**, Hilman D. Landsat 8 investigation of peat fire detection in Sumatra: Preliminary results. 35th Asian Conference on Remote Sensing; 2014; Myanmar.
72. Suwarsono, Hidayat, Suprpto T, Prasasti I, Parwati, **Khomarudin MR**. Detecting the brightness temperature from Landsat-8 thermal infra red scanner preceding the Rinjani strombolian eruption 2015. International Symposium on Earth Hazard and Disaster Mitigation (ISEDMD); 2016. AIP Conf. Proc. 1857, 070006-1–070006-7.
73. Suwarsono, Fitriana HL, Prasasti I, **Khomarudin MR**. Mapping burned areas from Landsat-8 imageries on mountainous region using reflectance change. MATEC Web of Conferences; 2018. 04012

74. Priyatna M, Sutanto A, Hidayat T, Khudri AA, Effendy I, **Khomarudin MR**, Wijaya SK. Pengembangan sistem diseminasi informasi tumpahan minyak berbasis layanan web geospasial. Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh ke-6; Bogor; 2019. 366-372
75. Suwarsono, Triyono D, **Khomarudin MR**, Rokhmatuloh. Surface deformation due to the 2017-2018 Agung Volcano eruption from Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) Sentinel-1 TOPS. Journal Physics Conference Series; 2020. 1577 012055.
76. Suwarsono, Triyono D, **Khomarudin MR**, Rokhmatuloh. Surface temperature changes of the crater of Agung Volcano from Landsat-8 TIRS during 2017-2018 eruption. 2020. Journal Physics Conference Series. 1528 012052

Prosiding Nasional

77. **Khomarudin MR**, Zubaidah A. Kaji bidang penentuan titik api (*hotspot*) dengan data MODIS dan NOAA AVHRR. Proceeding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) Masyarakat Penginderaan Jauh Indonesia (MAPIN); 2004.
78. Noviar H, **Khomarudin MR**, Roswintiarti O. Operasionalisasi sistem peringatan dini bahaya kebakaran hutan/lahan dengan Data NOAA AVHRR. Proceeding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) Masyarakat Penginderaan Jauh Indonesia; 2005; Surabaya.
79. **Khomarudin MR**, Noviar H, Roswintiarti O. Estimasi unsur-unsur cuaca untuk mendukung sistem peringkat bahaya kebakaran hutan/lahan dengan data MODIS. Proceeding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) Masyarakat Penginderaan Jauh Indonesia; 2005; Surabaya. 8–12.
80. Maharani LP, **Khomarudin MR**, Santosa I. Identifikasi neraca energi untuk deskripsi potensi kekeringan dengan data Landsat TM. Proceeding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) Masyarakat Penginderaan Jauh Indonesia (MAPIN); 2005; Surabaya. 144–120.

81. **Khomarudin MR**, Bey A, Risdiyanto I. Identifikasi neraca energi di beberapa penggunaan lahan untuk deteksi daerah potensi kekeringan di Surabaya, Gresik, dan Sidoarjo. *Proceeding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) Masyarakat Penginderaan Jauh Indonesia (MAPIN)*; 2005; Surabaya. 121–125.
82. Parwati, **Khomarudin MR**, Priyatna M. Pemanfaatan data penginderaan jauh untuk terbentuknya *crisis room* kebencanaan. *Prosiding Seminar Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Mendukung Pembangunan Nasional*; 2011; Bogor. 53–66.
83. Vetrita Y, Haryani NS, **Khomarudin MR**. Memaknai sebuah titik panas (*hotspot*): Sebuah pertimbangan untuk kebijakan pemerintah. *Prosiding Seminar Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Mendukung Pembangunan Nasional*; 2011; Bogor. 75–82.
84. Parwati, Priyatna M, Sukowati KAD, **Khomarudin MR**. Dinamika kondisi potensi bahaya kebakaran hutan/lahan di Sumatera dan Kalimantan tahun 2009-2011 berdasarkan fire weather index dari data satelit penginderaan jauh. *Prosiding Seminar Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Mendukung Pembangunan Nasional*; 2011; Bogor. 83–90.
85. **Khomarudin MR**, Priyatna M. Desain sistem ruang krisis (*crisis room*) kejadian bencana alam berbasis data satelit penginderaan jauh. *Prosiding Seminar Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Mendukung Pembangunan Nasional*; 2011; Bogor. 135–142.
86. Priyatna M, Sukowati KAD, **Khomarudin MR**. Analisa perubahan *website* sistem informasi mitigasi bencana alam (SIMBA). *Prosiding Seminar Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Mendukung Pembangunan Nasional*; 2011; Bogor. 151–160.
87. Sofan P, Vetrita Y, **Khomarudin MR**. *Spektral mixture analysis* untuk identifikasi degradasi hutan di Kalimantan Barat berdasarkan data multitemporal Landsat. *Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN*; 2012; Makassar.

88. **Khomarudin MR**, Parwati, Prasasti I, Febrianti N, Suwarsono. Penyederhanaan sistem FDRS di wilayah Indonesia dan implementasinya berbasis data penginderaan jauh. Prosiding SSA; 2014; Bandung.
89. Suwarsono, **Khomarudin MR**. Deteksi wilayah pemukiman pada bentuklahan vulkanik menggunakan citra Landsat-8 OLI berdasarkan parameter Normalized Difference Built up Index (NDBI). Prosiding Sinasja; 2014; Bogor.
90. **Khomarudin MR**, Suwarsono, Ambarwati, DO, Prabowo G. Evaluasi kejadian banjir di Kampung Pulo DKI Jakarta dan analisis pengurangan risikonya berbasis *Unmanned Air Vehicle* (UAV) dan penginderaan jauh resolusi tinggi. Prosiding Sinasja; 2014; Bogor.
91. **Khomarudin MR**, Irawadi D, Suwarsono, Parwati. Pengkajian pemanfaatan data penginderaan jauh multiskala/resolusi untuk kegiatan mitigasi bencana. Prosiding Sinasja; 2014; Bogor. 301–308.
92. **Khomarudin MR**, Priyatna M. Penginderaan jauh dan bencana: Ketersediaan data dan aplikasinya untuk tanggap darurat. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sain dan Teknologi Pada Pengerangan Resiko Bencana; 2014; Banda Aceh. 22–26.

DAFTAR PUBLIKASI LAINNYA

1. **Khomarudin MR**. Analisa pola hujan dengan data ouging long-wave radiation untuk menentukan kandungan air pertanian. *Warta LAPAN*. 2000; 3(2).
2. **Khomarudin MR**. Informasi cuaca di meja anda melalui <http://www.lapansmba.org>. *Berita Inderaja*. 2020; 1(1).
3. Putra D, **Khomarudin MR**. Depresi dan siklon tropis pengaruhi cuaca di Indonesia. *Berita Inderaja*. 2004; 3(5).
4. **Khomarudin MR**, Haryani NS, Dirgahayu D, Zubaidah A, Parwati, Priyatna M, Vetrita Y, Sukowati KAD, Pasaribu J, Yulianto F. Peluang dan tantangan aplikasi penginderaan jauh untuk mitigasi bencana. *INDERAJA*. 2011; 2(3).
5. Priyatna M, **Khomarudin MR**. Pemanfaatan globe virtual untuk informasi spasial titik panas di wilayah Indonesia. *Media Digan-tara*. 2011; 6(3): 5–7.
6. Winarso G, **Khomarudin MR**, Budhiman S, Hartuti M. Aplikasi penginderaan jauh untuk mendukung program kemaritiman di Indonesia. *Berita Inderaja*. 2014; 5(8).
7. **Khomarudin MR**, Vetrita Y, Parwati. Hotspot: hanyalah indikator bukan kejadian kebakaran hutan dan lahan. *Berita Inderaja*. 2014; 5(8).
8. Suwarsono, **Khomarudin MR**, Parwati. Aplikasi Penginderaan jauh untuk bencana geologi. *Berita Inderaja*. 2014; 5(8).
9. Vetrita Y, Parwati, Zubaidah A, Suwarsono, **Khomarudin MR**, Sukowati, KAD, Priyatna M. Pengamatan kebakaran dan penyebaran asapnya dari antariksa. Catatan kejadian kebakaran hutan/ lahan di sumatera selatan sepanjang tahun 2014. *Berita Inderaja*. 2014; 5(8).
10. **Khomarudin MR**, Prasasti I, Priyatna M, Rahmi, KIN, Nugroho G. Laporan internal hasil analisis luas area terbakar di Muaro Jambi: Pusat Pemanfaatan Pengindraan Jauh LAPAN; 2019.

11. Suwasono, **Khomarudin MR**. Laporan hasil analisis pertambangan di Pulau Kabaena Sulawesi Tenggara: Pusat Pemanfaatan Pengindraan Jauh; 2017.
12. Yulianto F, Suwarsono, Maulana T, **Khomarudin MR**, Priyatna M. Laporan diseminasi riset banjir rob Pekalongan: Pusat Pemanfaatan Pengindraan Jauh; 2017.
13. **Khomarudin MR**, Priyatna M, Suwarsono, Yulianto F, Ambarwati DO, Giarrastowo G. Hasil analisis penanganan perkara Lumpur Sidoarjo dalam rangka pengajuan upaya hukum luar biasa peninjauan kembali: Pusat Pemanfaatan Pengindraan Jauh LAPAN; 2018.
14. **Khomarudin MR**, Ardha M, Permana SABS, Sutanto A, Priyatna M. Program Aplikasi “Sistem Pemantauan Bumi Berbasis Android (SIPANDORA)”. Surat Pencatatan Ciptaan Republik Indonesia No. EC00202008346. 2020 Maret 20.
15. Rahmadi, **Khomarudin MR**, Suwarsono, Yulianto F. Website Tanggap Darurat Bencana Berbasis Penginderaan Jauh. Surat Pencatatan Ciptaan Republik Indonesia. No. EC00202008350. 20 Maret 2020.
16. Yulianto F, Chandra DS, Nugroho UC, Ubay MSN, Suhadha AG, Nugroho G, Roswintiarti O, **Khomarudin MR**, Budhiman S. How space technology applications contributed to combating Covid-19: Development of Lapan hub Covid-19. In collaboration: UN ESCAP Report; 2020.
17. **Khomarudin MR**, Prasasti I, Zubaidah A, Suwarsono, Vetrira Y, Sulma S, Fitriana HL, Chulafak GA. Metode untuk mendeteksi daerah terbakar menggunakan data satelit penginderaan jauh. Paten Indonesia No. IDP000069130. 2020 Juni 16
18. **Khomarudin MR**, Priyatna M, Yulianto F. Laporan diseminasi riset DAS Citarum: Pusat Pemanfaatan Pengindraan Jauh; 2020.
19. Priyatna M, Permana SABS, Hidayat T, **Khomarudin MR**, Valianto B, Ogestro R. Program aplikasi “Platform digital service kebencanaan berbasis web. Surat Pencatatan Ciptaan Republik Indonesia. No. EC00202121337. 2021 April 26.

20. **Khomarudin MR**, Priyatna M, Yulianto F. Laporan respon bencana tahun 2020-2021 berbasis penginderaan jauh: Pusat Pemanfaatan Pengindraan Jauh; 2021.
21. Yulianto F, Ardha M, Suhadha AG, **Khomarudin MR**. Laporan hasil landsubsidence di 5 wilayah Pantura: Pusat Pemanfaatan Pengindraan Jauh; 2021.
22. Ardha M, **Khomarudin MR**, Yulianto F, Suhadha AG. Laporan hasil proyeksi wilayah DKI Jakarta di bawah 0 permukaan laut tahun 2031: Pusat Pemanfaatan Pengindraan Jauh; 2021.
23. **Khomarudin MR**, Priyatna M, Yulianto F. Laporan diseminasi riset kesehatan daerah aliran sungai: Pusat Pemanfaatan Pengindraan Jauh; 2021.
24. **Khomarudin MR**, Priyatna M, Yulianto F, Ardha M. Laporan diseminasi riset *land subsidence*: Pusat Pemanfaatan Pengindraan Jauh; 2021.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Data Pribadi

Nama	: Dr. M. Rokhis Khomarudin
Tempat, Tanggal lahir	: Pekalongan, 22 Juli 1974
Anak ke	: 1 dari 7 Bersaudara
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Nama Ayah Kandung	: Zubaidi (alm)
Nama Ibu Kandung	: Uripah
Nama Istri	: Retno Kustiyah, S.Si.
Nama Anak	: Fathan Muhammad Alif
Nama Instansi	: Organisasi Riset Penerbangan dan Antariksa (LAPAN)-BRIN
Judul Orasi	: Iptek Pengindraan untuk Meningkatkan Kualitas Deteksi Permasalahan Lingkungan dalam Mendukung Mitigasi Bencana di Indonesia
Bidang Kepakaran	: Teknologi Pengindraan Jauh dan Geomatika
No. SK Pangkat Terakhir	: 00059/KEP/AA/15001/21
No. SK Peneliti Ahli Utama	: 48/M Tahun 2020

B. Pendidikan Formal

No	Jenjang	Nama Sekolah/ PT/Universitas	Tempat/Kota/ Negara	Tahun Lulus
1	SD	SDN Kedung-pa- tangewu	Pekalongan	1987
2	SMP	SMPN Wo- no-pringgo	Pekalongan	1990
3	SMA	SMA I Pekalongan	Pekalongan	1993
4	S1	IPB	Bogor	1998
5	S2	IPB	Bogor	2005
6	S3	Ludwig Maximil- lian University	Jerman	2010

C. Pendidikan Nonformal

No	Nama Pelatihan/ Pendi- dikan	Tempat/Kota/ Negara	Tahun
1	<i>National Training on Greenhouse Gases Inventory “Asean Least Cost Green House Gases Abatement Strategy (ALGAS)”</i>	Bogor	1996
2	<i>Training on System Analysis and Modeling Computer for Agrometeorology</i>	Bogor	1996
3	Pelatihan Penginderaan Jauh untuk Kesesuaian Lahan Pertanian	Jakarta	1999
4	Diklat Pra-Jabatan PNS	Jakarta	1999

No	Nama Pelatihan/ Pendidikan	Tempat/Kota/ Negara	Tahun
5	Pendidikan dan Pelatihan Metodologi Riset Tingkat Asisten Peneliti	Jakarta	2001
6	<i>Training on Remote Sensing and GIS for Disaster Mitigation</i>	Thailand	2003
7	Kursus Privat Bahasa Inggris	Jakarta	2002–2004
8	Kursus Bahasa Inggris	Jakarta	2006
9	Kursus Bahasa Jerman	Bonn	2007
10	<i>Disaster Risk and Vulnerability</i>	Bonn	2007
11	<i>Training on Basic Security</i>	Bonn	2008
12	<i>Remote Sensing Techniques</i>	Freiberg	2009
13	<i>Peer Reviewed Publishing</i>	Munchen	2009
14	Diklat Kepimpinan III	Jakarta	2012
15	<i>Training on Project Manager for International Charter on Space for Major Disaster</i>	Filipina	2013
16	Pelatihan dan Sertifikasi Selam (<i>Scuba Diver</i>)	Jakarta	2014
17	Diklat dan Ujian Sertifikasi Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah	Jakarta	2014
18	<i>Training on Project Manager for International Charter on Space for Major Disaster</i>	Jakarta	2015

No	Nama Pelatihan/ Pendidikan	Tempat/Kota/ Negara	Tahun
19	Diklat Kepemimpinan Tingkat II	Jakarta	2015
20	Diklat <i>Agent of Change</i>	Bogor	2016
21	<i>Training Leading the New Normal</i>	Jakarta	2020
22	<i>Training and Upgrading GIS, Remote Sensing dan Spatial Infographic Design</i>	Jakarta	2021

D. Jabatan Struktural

No	Jabatan/Pekerjaan	Nama Instansi	Tahun
1	Kepala Bidang Lingkungan dan Mitigasi Bencana	LAPAN	2011–2014
2	Kepala Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh	LAPAN	2014–2021

E. Jabatan Fungsional

No	Jenjang Jabatan	TMT Jabatan
1	Asisten Peneliti Madya	01 Februari 2001
2	Ajun Peneliti Muda	01 Februari 2003
3	Ajun Peneliti Madya	01 Agustus 2005
4	Peneliti Ahli Muda	01 Agustus 2005
5	Peneliti Ahli Madya	01 Juli 2007
6	Peneliti Ahli Madya	01 Januari 2014
7	Peneliti Ahli Utama	27 Maret 2020

F. Penugasan Khusus Nasional/Internasional

No	Jabatan/Pekerjaan	Pemberi Tugas	Tahun
1	Program S3 dalam Proyek German-Indonesia <i>Tsunami Early Warning System</i>	LAPAN	2007–2010
2	Delegasi Republik Indonesia dalam <i>Technical Working Group in Transboundary Haze Pollution</i>	LAPAN	2011–2013
3	Delegasi Republik Indonesia dalam perunding UNOOSA dan UN SPIDER	LAPAN	2013–2017
4	<i>Project Manager</i> dalam <i>International Charter for Major Disaster</i>	JAXA	2013–2021
5	Koordinator RSO UNSPIDER	LAPAN	2012–2021
6	Delegasi Republik Indonesia untuk <i>Space Application Working Group APRSAF</i>	LAPAN	2015–2017
7	Delegasi Republik Indonesia dalam pertemuan <i>Global Earth Observation System (GEO)</i>	LAPAN	2019

G. Keikutsertaan dalam Kegiatan Ilmiah

No	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penye- lenggara (Kota, Negara)	Tahun
1	Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN	Pemakalah	ITS, Surabaya	2005
2	<i>International Seminar on Space Technology and Applications</i>	Pemakalah	SUPAR- CO, Pakistan	2006
3	Seminar Nasional Perubahan Iklim dan Lingkungan di Indonesia	Pemakalah	LAPAN, Bandung	2006
4	<i>Tropical Rain Forest and Boreal Forest Dis- turbance and their effect on Global Warming</i>	Pembicara	UPR dan Hokaido University, Palangka Raya	2006
5	<i>Geospatial and Human Dimension on Sustain- able Natural Resource Management</i>	Panitia, Pemakalah	LAPAN- IPB, Bogor	2011
6	<i>ASEAN Cooperation project on Utilization of Satellite Image for Disaster Management</i>	Panitia, Pemakalah	LAPAN- AIT- ADRC, Jakarta	2011
7	Seminar Nasional Pen- gelolaan Sumberdaya Laut dan Pesisir secara Terpadu dan Berkelan- jutan di Indonesia	Pemakalah	UB, Malang	2012

No	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penye- lenggara (Kota, Negara)	Tahun
8	Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN	Pemakalah	UNHAS, Makasar	2012
9	Pemanfaatan Teknologi Kedirgantaraan untuk Mendukung Manajemen Bencana di Indonesia	Pemakalah	LAPAN, Jakarta	2013
10	<i>Workshop</i> Nasional Riset dalam Penanggulangan Bencana	Peserta	BNPB, Jakarta	2013
11	<i>Pan Ocean Remote Sensing Conference</i>	Panitia, Pemakalah	PORSEC, Bali	2014
12	<i>National Seminar Science and Technology Application dor Disaster Risk Reduction</i>	Pemakalah	USYIAH, Banda Aceh	2014
13	<i>The ASEAN Workshop on Develoment of Mechanism for Acquic-tion and Utilization of Spacebased Information During Emergency Response</i>	Pemakalah	LA- PAN-AHA Center-UN Spider, Yogyakarta	2014
14	<i>Workshop on Utilization of Remote Sensing and GIS for Flood Risk Management</i>	Panitia, Pemakalah	LAPAN- JAXA-AIT	2014
15	Seminar Nasional Penginderaan Jauh	Panitia, Pemakalah	LAPAN, Bogor	2014

No	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
16	FGD Pemanfaatan Citra Satelit Multispektral Resolusi Tinggi untuk Pemetaan Batimetri	Pembicara	PUSHI-DROSAL TNI AL, Jakarta	2015
17	The 22 nd APRSAF	Pembicara	LAPAN, Bali	2015
18	ICOIRS	Pemakalah	ITS, Surabaya	2015
19	<i>International Workshop on Landuse/cover change and air pollution in Asia</i>	Pembicara	IPB-University of Maryland, Bogor	2015
20	<i>Workshop on space Application for Environment</i>	Pembicara	LAPAN-JAXA, Jakarta	2016
21	<i>The Workshop on UK Satellite Application</i>	Peserta	LAPAN-UK Embassy, Jakarta	2016
22	<i>Workshop Peningkatan Kapasitas Pelaksana Pengendalian Pemanfaatan Ruang Berbasis GIS</i>	Pembicara	ATR/BPN, Jakarta	2017
23	<i>Workshop Peningkatan Kompetensi Manajemen Bencana</i>	Pembicara	UGM, Yogyakarta	2017

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penye- lenggara (Kota, Negara)	Tahun
24	ICOIRS	Pembicara	UNDIP, Semarang	2017
25	<i>International Workshop and Training on Peat Fire Prevention</i>	Pembicara	IPB- NASA, Riau	2018
26	Land Use/Cover Changes, Environment and Emissions in South/Southeast Asia – An International Regional Science Meeting	Pembicara	University of Maryland, Johor	2019
27	<i>Workshop on FDRS and Fire Detection and Smoke Modeling</i>	Peserta	LAPAN, Jakarta	2019
28	<i>Workshop Digital Service Strategy</i>	Panitia, Peserta	LAPAN, Bogor	2019
29	<i>Workshop on Utilization of Japanes Earth Observation Satellites Imagery</i>	Peserta	LAPAN- PASCO, Depok	2019
30	ICOIRS	Peserta	ITENAS, Bandung	2019
31	<i>Geoweek Conference</i>	Pembicata	GEO, Canberra	2019
32	La Nina dan Musim Hujan 2020/2021 – Strategi Antisipasinya	Peserta	A3I, Jakarta	2020
33	Tantangan dan Peluang Penginderaan Jauh	Pembicara	LAPAN, Jakarta	2020

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
34	<i>Space Economy</i>	Peserta	LAPAN, Jakarta	2020
35	Kesiapan Infrastruktur Monitoring dan Pemetaan Resiko Bencana <i>Land Subsidence</i> (Amblasan Tanah) di Indonesia	Pembicara	Kemenko Marves, Jakarta	2020
36	Pengelolaan Sumberdya Alam Melalui Keilmuan Geospasial	Peserta	MAPIN, Jakarta	2020
37	<i>International Conference on Sustainable Tropical Land Management</i>	Pembicara	Kementan, Bogor	2020
38	Status Pemanfaatan Penginderaan Jauh di Indonesia	Pembicara	MAPIN, Jakarta	2020
39	<i>Workshop</i> Pemantauan Tutupan Lahan Berbasis Data Devegetasi <i>Eco-System</i>	Pembicara	LAPAN, Bogor	2021
40	Kenapa Banjir	Pembicara	Dewan SDA Nasional, Jakarta	2021
41	Tinjauan Pengelolaan DAS	Peserta	KLHK, Jakarta	2021

No	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penye- lenggara (Kota, Negara)	Tahun
42	Semangat Berbagi Pakai Data Kelautan melalui Portal Nasional	Peserta	BPPT, Jakarta	2021
43	Marathon Penginderaan jauh Indonesia	Pembicara	ITB, Bandung	2021
44	<i>Focus Group Discussion</i> Pemanfaatan Pengin- deraan Jauh untuk Tumpahan Minyak	Peserta	LAPAN, Jakarta	2021

H. Keterlibatan dalam Pengelolaan Jurnal Ilmiah

No	Nama Jurnal	Penerbit	Peran/Tugas	Tahun
1	IJRESES	LAPAN	Chief-Editor	2016–Sekarang
2	Jurnal Inderaja	LAPAN	Chief-Editor	2015
3	Jurnal Segara	KKP	Mitra Bestari	2017–sekarang
4	Jurnal Tanah dan Iklim	Kementan	Mitra Bestari	2016–sekarang

I. Karya Tulis Ilmiah

No	Kualifikasi Penulis	Jumlah
1	Penulis Tunggal	9
2	Penulis bersama Penulis lainnya	83
	Total	92

No	Kualifikasi Bahasa	Jumlah
1	Bahasa Indonesia	42
2	Bahasa Inggris	50
	Total	92

J. Pembinaan Kader Ilmiah Pejabat Fungsional Peneliti

No	Nama	Instansi	Peran/Tugas	Tahun
1	Muhammad Priyatna	LAPAN	Pembimbing	2013
2	Suwarsono	LAPAN	Pembimbing	2013

Mahasiswa

No	Nama	PT/Universitas	Peran/Tugas	Tahun
1	Nur Satriani	IPB	Pembimbing S1	2000
2	Bambang Sulistyono	IPB	Pembimbing S1	2000
3	Hadi Wibowo	IPB	Pembimbing S1	2000
4	Hendra	Unwin	Pembimbing S1	2000
5	Betty Kusumaningrum	IPB	Pembimbing S1	2004
6	Lintang P. Maharini	IPB	Pembimbing S1	2005
7	Nur Adhyani	IPB	Pembimbing S1	2005

No	Nama	PT/Universitas	Peran/Tugas	Tahun
8	Diah Eka Wardhani	IPB	Pembimbing S1	2005
9	Eris Risandi	IPB	Pembimbing S1	2005
10	Benny Istanto	IPB	Pembimbing S1	2005
11	Ferly Getsamani	IPB	Pembimbing S1	2006
12	Aby Muttaqin	UNIS-SULA	Pembimbing S1	2013
13	Suwarsono	UI	Pembimbing S2	2017
14	Muhammad Priyatna	UI	Pembimbing S3	2019
15	Suwarsono	UI	Pembimbing S3	2019

K. Organisasi Profesi

No	Jabatan	Nama Organisasi	Tahun
1	Anggota	PERHIMPI	1999–Sekarang
2	Pengurus	PERHIMPI	2006–Sekarang
3	Anggota	MAPIN	1999–Sekarang
4	Pengurus	MAPIN	2011–2015
5	Anggota	HIMPENINDO	2017–Sekarang
6	Anggota	IRESES	2006–Sekarang
7	Anggota	EGU	2009
8	Anggota	AGU	2009

L. Tanda Penghargaan

No	Nama Penghargaan	Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Tim Terbaik untuk Kegiatan Penelitian tentang Mitigasi Bencana	Pimpinan LAPAN	2003
2	SLKS 10 Tahun	Presiden RI	2010
3	Peserta Terbaik Kedua dalam Diklat Kepemimpinan TK III	LAN RI	2012
4	Tim Terbaik untuk Mitigasi Bencana Berbasis Teknologi Satelit	Kepala LAPAN	2013
5	Tanggung Award (Tim)	BNPB	2015
6	Pecora Award	William Thomas Pecora (Director USGS 1965-1971)	2017
7	SLKS 20 Tahun	Presiden RI	2019
8	Pelopor Pembangunan Zona Integritas	Menteri PAN/RB	2020
9	Pelayanan Publik Terbaik	Kepala LAPAN	2020



Diterbitkan oleh:
Penerbit BRIN
Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah
Gedung BJ Habibie, Jl. M.H. Thamrin No.8,
Kb. Sirih, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340
Whatsapp: 0811-8612-369
E-mail: penerbit@brin.go.id
Website: lipipress.lipi.go.id

DOI: 10.14203/press.488



ISBN 978-602-496-304-0



Buku ini tidak diperjualbelikan.