

## SEKAPUR SIRIH

# PEMANFAATAN PENGINDERAAN JAUH UNTUK MITIGASI BENCANA DI INDONESIA

Dr. M. Rokhis Khomarudin, Wiweka, Parwati Sofan  
Peneliti Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN

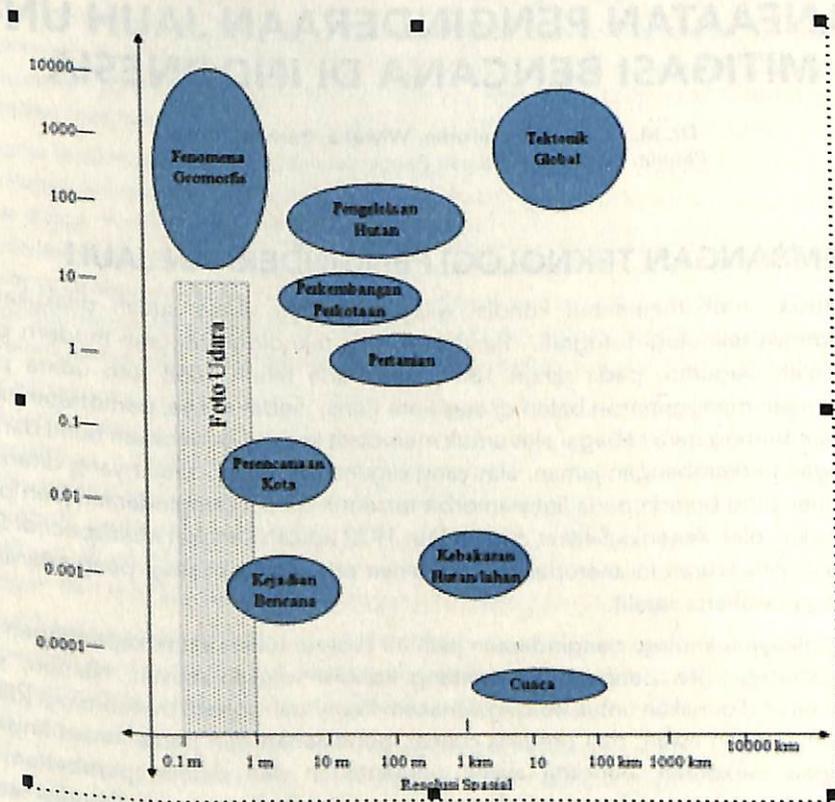
### I. PERKEMBANGAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH

Usaha manusia untuk memantau kondisi wilayahnya dari udara sudah dilakukan sejak berkembangnya teknologi fotografi. Perkembangan teknologi fotografi modern pertama dikenalkan oleh Daguerre pada tahun 1839, dan pada tahun 1868 foto udara pertama dilakukan dengan menggunakan balon di atas kota Paris. Sebelumnya, pemotretan udara ini menggunakan burung dara sebagai alat untuk memotret kondisi permukaan bumi dari udara. Seiring dengan perkembangan jaman, alat yang digunakan adalah satelit yang ditempatkan di angkasa luar yang berada pada lintasan orbit tertentu. Satelit penginderaan jauh pertama yang diluncurkan oleh Amerika Serikat pada tahun 1972 adalah *Landsat Multispectral Scanner System* (MSS). Peluncuran ini merupakan dimulainya era baru teknologi penginderaan jauh modern dengan wahana satelit.

Pada awal mulanya teknologi penginderaan jauh ini diperuntukan untuk kepentingan militer, pengaturan strategi, dan pengetahuan tentang kondisi wilayah musuh. Namun, saat ini teknologi ini telah digunakan untuk berbagai macam keperluan seperti meteorologi (dinamika atmosfer, pemantauan awan, dan prediksi cuaca), penelaahan dan pemantauan lingkungan (perkembangan perkotaan, bencana alam), pemantauan dan deteksi perubahan global (pemantauan lubang ozon, deforestasi, dan pemanasan global), pertanian (kondisi tanaman, prediksi panen, dan erosi tanah), eksplorasi sumberdaya alam yang tidak terbaharui (mineral, minyak, dan gas alam), sumber daya alam terbaharui (hutan, tanah, laut), dan untuk pemetaan (topografi, penggunaan lahan, dan sarana dan prasarana).

Usaha-usaha ini merupakan tahapan yang sangat penting dalam perkembangan ilmu atau teknologi penginderaan jauh. Secara umum, penginderaan jauh dapat didefinisikan sebagai ilmu, seni, dan teknik untuk memperoleh informasi suatu objek tanpa menyentuh secara langsung objek yang diamati. Hal ini dilakukan dengan cara mengindera dan merekam energi yang dipantulkan maupun yang di emisikan kemudian dilakukan pemrosesan, analisa, dan mengaplikasikan informasi tersebut. Objek yang diamati ini biasanya divisualisasikan berupa citra (gambar) yang terdiri dari elemen-elemen yang sering disebut sebagai pixel (*picture element*). Informasi yang terdapat pada pixel-pixel inilah yang kemudian diproses, dianalisa dan diaplikasikan menjadi informasi tertentu. Berbagai aplikasi tersebut, tergantung pada resolusi data penginderaan jauh yang akan digunakan yaitu resolusi spasial dan resolusi temporal. Resolusi spatial adalah tingkat kedetailan informasi data penginderaan jauh

yang dinyatakan oleh ukuran pixel, seperti 1 m, 10 m, 30m, dan lain-lain. Ukuran *pixel* ini merepresentasikan ukuran sebenarnya objek yang diamati. Jika dikatakan resolusi spasialnya adalah 1 m, hal ini berarti bahwa ukuran 1 m x 1-m suatu objek digambarkan dalam satu pixel dalam citra satelit. Sedangkan resolusi temporal adalah periode ulang suatu satelit memantau objek yang sama dipermukaan bumi. Resolusi temporal 18 hari, berarti bahwa satelit akan memotret wilayah yang sama setiap 18 hari sekali. Gambar 1 berikut merupakan hubungan aplikasi data penginderaan jauh dengan resolusinya baik spasial maupun temporal.



(Sumber: Ridd and Hipple, 2006)

Gambar 1. Aplikasi data penginderaan jauh berdasarkan resolusi spasial dan temporalnya

Untuk memperoleh informasi yang diinginkan dari data penginderaan jauh diperlukan suatu teknik tertentu. Teknik ini biasanya disesuaikan dengan kebutuhan orang yang menginterpretasi dan penggunaannya. Dewasa ini, perkembangan teknologi penginderaan jauh sudah sangat memadai dan masih terus dilakukan riset untuk meningkatkan kualitas dari informasi yang dihasilkan.

Pengembangan teknik penginderaan jauh saat ini dapat di kategorikan menjadi 3 (tiga), yaitu :

- Pengembangan teknik tingkat lanjut untuk klasifikasi data penginderaan jauh;
- Mengintegrasikan berbagai fitur data penginderaan jauh untuk proses perolehan informasi
- Mengintegrasikan data tambahan dan pengetahuan untuk meningkatkan akurasi informasi.

Klasifikasi konvensional, seperti *Maximum Likelihood* hingga klasifikasi ke tingkat lanjut, seperti klasifikasi berdasarkan orientasi obyek (*object base oriented*) telah berkembang secara pesat. Perkembangan ini sejalan dengan perkembangan data satelit penginderaan jauh yang memiliki ketelitian hingga resolusi 1 m. *Object base oriented* berkembang setelah munculnya data satelit seperti IKONOS atau *Quickbird* (Blaschke, 2009). Tidak hanya untuk satelit resolusi tinggi, metode lanjut juga berkembang pada bagaimana cara memperoleh informasi dari permukaan bumi dengan data satelit dengan resolusi rendah. Teknik yang dikenal adalah *Spectral Mixture Analysis*. Teknik ini mampu menganalisa satu piksel informasi menjadi beberapa piksel informasi yang lain, sehingga informasi akan lebih detail.

Integrasi beberapa fitur data penginderaan jauh termasuk informasi spektral, spasial, multitemporal, dan multi sensor adalah sangat penting untuk meningkatkan akurasi. Salah satu contoh adalah metode *pan-sharpening* yang menggabungkan antara data resolusi spasial rendah dengan tinggi, sehingga dapat menghasilkan informasi yang lebih detail. Data multitemporal juga sangat penting untuk klasifikasi penggunaan lahan, terutama untuk lahan sawah. Berdasarkan data multitemporal tersebut, lahan sawah fase bera akan dapat dibedakan dengan lahan terbuka. Penggunaan data multitemporal akan dapat meningkatkan akurasi (Xiao et al., 2006). Sementara itu, data dengan resolusi spektral tinggi dapat digunakan untuk mengklasifikasi suatu objek secara lebih detail, seperti membedakan tipe vegetasi dan phytoplankton di wilayah laut (Belluco et al., 2006).

Integrasi antara data penginderaan jauh dengan data tambahan seperti data ketinggian, jumlah penduduk, jaringan jalan, tipe tanah, suhu udara, dan curah hujan juga membantu meningkatkan akurasi informasi yang diperoleh dari data penginderaan jauh. Sebagai contoh, Stathakis and Kanellopoulos (2008) menambahkan informasi ketinggian untuk memperoleh kelas penggunaan lahan secara lebih akurat. Liu et al. (2008) mengintegrasikan data penginderaan jauh dengan teknik Sistem Informasi Geografis untuk mengklasifikasi wilayah mangrove. Hasil integrasinya menunjukkan bahwa informasi tambahan akan dapat mengelompokkan objek secara lebih detail untuk hutan mangrove. Lebih lanjut, klasifikasi akan lebih akurat jika didukung oleh pengetahuan manusia atas suatu wilayah (Hung and Rid, 2002; Judex et al., 2006).

## **II. PEMANFAATAN PENGINDERAAN JAUH UNTUK MITIGASI BENCANA DI INDONESIA**

Di Indonesia, tidak banyak yang melakukan kegiatan mitigasi bencana berbasis data penginderaan jauh. Instansi pemerintah yang melakukan kegiatan ini berdasarkan tugas dan fungsinya adalah Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Badan Penerapan dan Pengkajian Teknologi (BPPT), dan Badan Informasi Geospasial (BIG). Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) juga melaksanakan kegiatan ini dengan menambahkan data geospasial lainnya. Selain itu, pada level universitas terdapat Pusat Studi Bencana di Universitas Gadjah Mada (UGM) dan Pusat *Remote Sensing* Institut Teknologi Bandung (ITB). Kedua universitas tersebut sangat aktif dalam melakukan kegiatan ini.

Minimnya kegiatan pemanfaatan penginderaan jauh untuk mitigasi bencana di Indonesia mendorong LAPAN untuk melakukan kegiatan intensif sebagai institusi yang dianggap mampu untuk melaksanakan kegiatan ini. Pada saat ini kegiatan mitigasi bencana di LAPAN adalah sebagai berikut.

..

## 2.1. Sistem yang sudah beroperasi

Sistem yang sudah beroperasi saat ini dan informasinya disampaikan melalui website Sistem Informasi Mitigasi Bencana Alam (SIMBA) adalah sebagai berikut:

- a. Potensi banjir harian
- b. Sistem Pemantauan hotspot
- c. Sistem Peringkat Bahaya Kebakaran Hutan/Lahan (SPBK)
- d. Sistem *Quick Response* Bencana
- e. Sistem Pemantauan Kekeringan dan Banjir di Lahan Sawah

## 2.2. Pengembangan Sistem

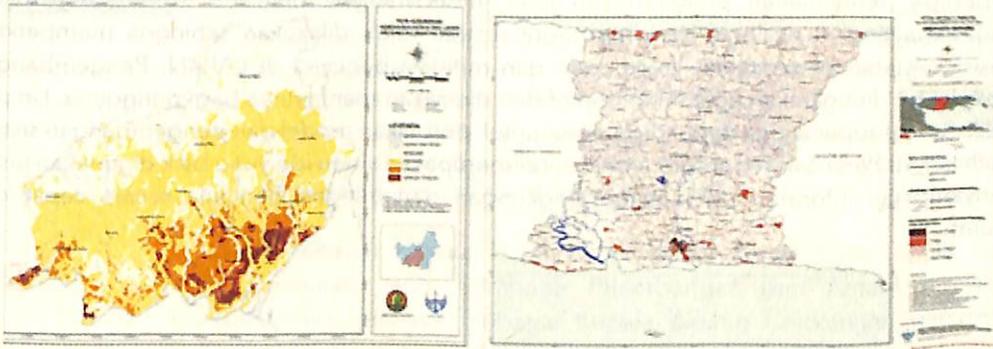
Saat ini LAPAN juga telah mengembangkan beberapa sistem untuk pemantauan lingkungan dan mitigasi bencana antara lain sebagai berikut:

- a. Pengembangan model potensi banjir menggunakan data satelit MTSAT-1R
- b. Pengembangan model potensi kekeringan lahan (meteorologis dan agronomis) di Pulau Jawa dan Bali menggunakan data satelit Terra/Aqua MODIS dan TRMM.
- c. Pengembangan model validasi hotspot yang dihasilkan dari data Satelit Terra/Aqua MODIS dengan menggunakan data resolusi lebih tinggi (SPOT).
- d. Pengembangan model spasial kondisi tanaman padi dan lahan sawah (kekeringan dan banjir)
- e. Pengembangan model pemetaan daerah bahaya, kerentanan, dan resiko gunung api di Indonesia
- f. Pengembangan sistem *crisis center* bencana

## III. KERJASAMA NASIONAL DAN DAERAH

Posisi LAPAN dalam masalah pemantauan lingkungan dan mitigasi bencana sangatlah penting di Indonesia. Setiap catur wulan, LAPAN memberikan hasil pemantauannya kepada Badan Pusat Statistik untuk menyampaikan hasil pemantauan fase pertumbuhan padi dan kondisi lingkungan di lahan sawah untuk memprediksikan angka ramalan padi. Setiap semester sekali LAPAN juga berpartisipasi dalam pembuatan prediksi awal musim hujan dan awal musim kemarau. Setiap awal musim kemarau, LAPAN berpartisipasi aktif dalam rapat persiapan kekeringan dan kebakaran hutan/lahan yang dikoordinasi oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Demikian halnya pada saat memasuki musim hujan, LAPAN juga berpartisipasi dalam persiapan untuk menghadapi banjir dan longsor. Selain itu, dengan Kementerian Lingkungan Hidup (KLH), LAPAN juga berpartisipasi dalam pertemuan-pertemuan pemantauan lingkungan seperti kebakaran lahan/hutan, lahan kritis, dan kebencanaan. Pada program menuju Indonesia Hijau, LAPAN berpartisipasi aktif dalam kegiatan tersebut. Bersama dengan kementerian riset dan teknologi, LAPAN juga menjadi anggota dalam Indonesia *Tsunami Early Warning System* dan bahkan sempat bersama-sama dalam tim untuk mengajukan proposal peringatan dini tsunami di Negara OMAN. Pertemuan-pertemuan dengan Kementerian Riset dan Teknologi juga sering diikuti untuk membahas pemantauan lingkungan dan mitigasi bencana. Bekerjasama dengan Kementerian kehutanan, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Kementerian Lingkungan Hidup, Universitas Bina Nusantara dalam *Project Indofire* merupakan kolaborasi yang baik dalam pemantauan titik panas (*hotspot*) sebagai indikasi kebakaran hutan/lahan. Partisipasi-partisipasi aktif di tingkat nasional ini menunjukkan bahwa informasi pemantauan lingkungan dan mitigasi bencana yang dihasilkan sangat penting bagi keperluan nasional.

Peran penting LAPAN dalam kegiatan pemantauan lingkungan dan Mitigasi Bencana juga dirasakan oleh pemerintah daerah. Provinsi Kalimantan Tengah, Kalimantan Barat, Riau, Sumatera Selatan, dan Kabupaten Sampang merupakan daerah yang telah bekerjasama dengan LAPAN dalam melakukan pemantauan lingkungan dan mitigasi bencana di daerahnya. Kegiatan ini sangat bermanfaat untuk mendapatkan umpan balik langsung dari pengguna yang memperoleh informasi. Gambar 1 merupakan hasil kerjasama dengan Pemerintah Daerah Provinsi Kalimantan Tengah dalam pembuatan peta rawan kebakaran dan Pemerintah Daerah Kabupaten Sampang dalam pemetaan daerah bahaya banjir.



Gambar 1. Hasil kerjasama dengan pemerintah daerah, Provinsi Kalimantan Tengah (kiri) dan Kabupaten Sampang (kanan)

#### IV. KERJASAMA INTERNASIONAL

Dalam kancah internasional, LAPAN telah bekerjasama dengan institusi luar negeri seperti *Asian Disaster Risk Reduction (ADRC)*, *JAXA Jepang*, *Geoinformatics Center Asian Institute of Technology (GIC-AIT)*, dan beberapa organisasi PBB, yaitu *United Nations World Food Program (UN-WFP)*, *United Nations Platform of Space Based Information for Disaster Emergency Response (UN SPIDER)*, dan *United Nations Economic and Social for Asian and the Pacific (UN-ESCAP)*. Kerjasama masih dalam bentuk penyampaian informasi pemantauan lingkungan dan mitigasi bencana dan pelatihan-pelatihannya.

Kerjasama aktif dalam bidang kebencanaan dilakukan dengan *JAXA Jepang* dan *UN SPIDER*. Posisi LAPAN sebagai *Data Analisis Node (DAN)* dalam kegiatan *Sentinel Asia* merupakan peran yang penting bagi LAPAN sehingga jika terjadi bencana di wilayah lain, LAPAN dapat membantu negara lain yang terkena musibah bencana. Bersama *UN SPIDER*, komitmen menjadi *Regional Support Office (RSO) UN SPIDER* merupakan wujud nyata keaktifannya dalam hal penyampaian informasi kebencanaan dalam dunia internasional.

#### V. PENUTUP

Secara garis besar buku bunga rampai pemanfaatan penginderaan jauh ini terdiri dari :

- Bab 1** : Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Mitigasi Bencana Banjir, yang memaparkan sistem peringatan dini bahaya banjir melalui pemantauan curah hujan dari satelit.
- Bab 2** : Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Mitigasi Bencana Kekeringan dan Kebakaran Hutan/Lahan, yang memaparkan pemantauan kekeringan dengan indeks penginderaan jauh, deteksi daerah kebakaran hutan/lahan, dan zonasi daerah rawan kebakaran.

**Bab 3** : Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Mitigasi Bencana Erupsi Gunungapi yang membahas bagaimana data penginderaan jauh dapat berperan dalam analisis daerah bahaya, kerentanan, dan resiko.

**Bab 4** : Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Mendukung Sistem Informasi Kebencanaan yang membahas bagaimana integrasi data penginderaan jauh dan infrastruktur teknologi informasi saling mendukung dalam memberikan informasi tanggap darurat kebencanaan yang terjadi.

Beberapa pemanfaatan penginderaan jauh untuk mitigasi bencana telah diungkapkan. Kerjasama tingkat nasional dan internasional juga telah dilakukan sehingga memperkuat posisi kegiatan pemantauan lingkungan dan mitigasi bencana di LAPAN. Pengembangan lebih lanjut ditingkatkan agar lebih efektif dan dirasakan manfaatnya bagi pengguna. Umpan balik dari pengguna juga dapat digunakan untuk perbaikan model dan pengembangan sistem lebih lanjut. Perancangan sistem *crisis center* merupakan suatu ide yang baik digunakan untuk penyampaian informasi pemantauan lingkungan dan mitigasi bencana secara cepat dan akurat.

## Daftar Pustaka

- Belluco, E., Camuffo, M., Ferrari, S., Modenese, L., Silvestri, S., Marani, A., and Marani, M. 2006. Mapping salt-marsh vegetation by multispectral and hyperspectral remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 105, 54-67.
- Blaschke, T., Lang, S., Lorup, E., Strobl, J., Zeil, P. 2009. Object-oriented Image Processing in an Integrated GIS/remote Sensing Environment and Perspectives for Environmental Applications. In: Cremers, A., Greve, K. (Eds.), *Environmental Information for Planning, Politics and the Public*, 2. Metropolis Verlag, Marburg, 555-570.
- Liu, K., Li, X., Shi, X., and Wang, S. 2008. Monitoring Mangrove Forest Changes Using Remote Sensing and GIS Data with Decision-Tree Learning. *WETLANDS*, 28 (2), 336-346.
- Hung, M. and Ridd, M.K. 2002. A Subpixel Classifier for Urban Land-cover Mapping Based on a Maximum-likelihood Approach and Expert System Rules. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68, 1173-1180.
- Stathakis, D., and Kanellopoulos, I. 2008. Global Elevation Ancillary Data for Land-use Classification Using Granular Neural Networks. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 74 (1), 1-9.
- Xiao, X., Boles, S., Froking, S., Li, C., Babu, J.Y., Salas, W., and Moore, B. 2006. Mapping Paddy Rice Agriculture in South and Southeast Asia using Multi-temporal MODIS Images. *Remote Sensing of Environment*, 100, 95 - 113.

## Biografi Penulis



### **Dr. M. Rokhis Khomarudin**

Email: rokhis.khomarudin@lapan.go.id; ayah\_ale@yahoo.com

#### **Pendidikan:**

- Doktor (Dr), pada Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) Munich – Germany, 2010
- Magister Sains (M.Si.), pada program studi Agroklimatologi, Jurusan Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor (IPB), 2005.
- Sarjana Sains (S.Si.) pada program studi Agrometeorologi, Jurusan Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor (IPB). 1998

Profesi sebagai Kepala Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, Deputi Penginderaan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, sebelumnya menjabat sebagai Kepala Bidang Lingkungan dan Mitigasi Bencana, selain itu aktif sebagai fungsional peneliti Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, Deputi Penginderaan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, sejak 1 Maret 1999. Kegiatan penelitian yang telah dilakukan, pengembangan model diaplikasikan untuk berbagai tipe bencana. Organisasi profesi yang diikuti adalah Anggota pada Indonesian Agricultural Meteorology Society, Anggota pada Indonesian Remote Sensing Society, Anggota pada American Geoscience Union, dan Anggota pada European Geoscience Union.



### **Dr. Wiweka**

Email: wiweka@lapan.go.id

#### **Pendidikan:**

- Doktor (Dr), pada program studi Ilmu Komputer, Fakultas Pasca Sarjana, Universitas Indonesia (UI), 2006
- Magister Teknik (MT), pada program studi Teknik Geodesi, Fakultas Pasca Sarjana, Institut Teknologi Bandung (ITB), 1995
- Sarjana Teknik (Ir), pada program studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Bandung (ITB), 1988

Profesi sebagai fungsional peneliti Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, Deputi Penginderaan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, sejak 1 Maret 1989. Kegiatan penelitian yang telah dilakukan, pengembangan model diaplikasikan untuk berbagai tipe bencana. Organisasi profesi yang diikuti adalah Masyarakat Penginderaan Jauh Indonesia (MAPIN) dan Ikatan Surveyor Indonesia (ISI).



## **Parwati Sofan, S.Si, M.Sc**

Email: [parwati@lapan.go.id](mailto:parwati@lapan.go.id)

### **Pendidikan:**

- Master of Science (M.Sc) pada program studi Remote Sensing and GIS Applications, Program Master pada Space Technology and Applications di International School, Beijing University of Aeronautics and Astronautics (BUAA), PRC. 2008
- Sarjana Sains (S.Si.) pada program studi Agrometeorologi, Jurusan Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor (IPB). 1999

Parwati telah bekerja sebagai peneliti di Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN sejak tahun 2002. Penelitian yang telah dilakukan berkaitan dengan aplikasi data penginderaan jauh untuk mitigasi bencana alam yang merupakan integrasi dari berbagai disiplin ilmu, seperti cuaca dan iklim serta interaksinya dengan sumberdaya lahan dan potensinya terhadap kebencanaan (banjir, kekeringan, kebakaran hutan, letusan gunung api). Organisasi profesi yang diikuti adalah Masyarakat Penginderaan Jauh Indonesia (MAPIN) dan Perhimpunan Meteorologi Pertanian Indonesia (PERHIMPI).

# DAFTAR ISI

<b>PENGANTAR PENERBIT</b>	<b>III</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>IV</b>
<b>SEKAPUR SIRIH</b>	<b>V</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>XIII</b>
<b>PEMANFAATAN PENGINDERAAN JAUH UNTUK MITIGASI BENCANA BANJIR</b>	<b>1</b>
PEMANTAUAN CURAH HUJAN MENGGUNAKAN DATA TRMM DAN QMORPH <b>Any Zubaidah dan Kusumaning Ayu DS</b>	2
PREDIKSI BANJIR DAN KEKERINGAN MENGGUNAKAN MODEL PREDIKSI CURAH HUJAN BULANAN <b>Any Zubaidah</b>	11
ANALISIS POTENSI BANJIR HARIAN DI INDONESIA MENGGUNAKAN DATA PENGINDERAAN JAUH <b>Nanik Suryo Haryani</b>	21
<b>PEMANFAATAN PENGINDERAAN JAUH UNTUK MITIGASI BENCANA KEKERINGAN DAN KEBAKARAN HUTAN/LAHAN</b>	<b>31</b>
ANALISIS KEKERINGAN DI PULAU SUMATERA BERBASIS DATA MODIS <b>Nanik Suryo Haryani dan Hidayat</b>	32
DETEKSI DAERAH BEKAS KEBAKARAN HUTAN/LAHAN (BURNED AREA) MENGGUNAKAN CITRA PENGINDERAAN JAUH SUATU TINJAUAN <b>Suwarsono</b>	43
ZONASI DAERAH RAWAN KEBAKARAN HUTAN/LAHAN <b>Suwarsono, Indah Prasasti , Yenni Vetrita</b>	51