



PROSIDING SEMINAR NASIONAL

KONSEP DAN IMPLEMENTASI 3 (KONSEPSI #3)

**KONSEP DAN IMPLEMENTASI
MITIGASI BENCANA SEBAGAI UPAYA
PENINGKATAN KEMAMPUAN
MENGHADAPI ANCAMAN BENCANA**

DENPASAR, 7 DESEMBER 2018

WARMADEWA UNIVERSITY PRESS



Warmadewa University Press

**PROSIDING SEMINAR NASIONAL
KONSEP DAN IMPLEMENTASI 3 (KONSEPSI #3)**

Konsep dan Implementasi Mitigasi Bencana sebagai Upaya Peningkatan Kemampuan Menghadapi Ancaman Bencana

- Pelindung : Ketua Yayasan Kesejahteraan Korpri Provinsi Bali
(Dr. Drs. A. A. Gede Wisnumurti, M.Si.)
Rektor Universitas Warmadewa
(Prof. dr. Dewa Putu Widjana, DAP&E.Sp.Park.)
- Penanggung Jawab : Dekan Fakultas Teknik Universitas Warmadewa
(Prof. Dr. Ir. I Wayan Runa, M.T.)
- Ketua Panitia : Anak Agung Gede Raka Gunawarman, S.T., M.T.
Sekretaris : A.A. Sagung Dewi Rahadiani, S.T., M.T.
Bendahara : I Made Widya Pratiwi, S.T., M.T.
Komite Ilmiah : Dr. Surono
Dr. Ir. Amien Widodo
Ir. Eko Agus Parwoto, M.Arch.
Prof. Dr. Ir. I Wayan Runa, M.T.
- Cover : Ni Putu Ratih Pradnyaswari Anasta Putri, S.T., M.Sc.
Putu Adi Widianara, S.T.
- Editor : Ni Putu Ratih Pradnyaswari Anasta Putri, S.T., M.Sc.
Made Suryanatha Prabawa, S.T., M.Ars.
- Cetakan : Pertama, Desember 2018, 210 halaman
- ISBN : 978-602-1582-43-5

Penerbit :

Warmadewa University Press

Jalan Terompong 24, Gedung D Lantai 2 Tanjung Bungkak Denpasar Bali, Indonesia
80234 Telp. (0361) 223858, Fax. (0361) 225073

DAFTAR ISI

Cover	
Halaman Editorial	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
A. Pembicara Utama	
1. Tata Letak Permukiman yang Aman Terhadap Bencana <i>Prof. Dr. Ir. I Wayan Runa, M.T.</i>	01
B. Tema 1 : Strategi Perencanaan Mitigasi Bencana	
1. Evaluasi Penanggulangan Semburan Lumpur Lapindo di Sidoarjo <i>Satriana Fitri Mustika Sari, Nurhayati Aritonang</i>	17
2. Dampak Perubahan dari Lahan Pertanian Menjadi Lahan Perumahan terhadap Daerah Aliran Sungai (Studi Kasus Dusun Tebannah Timur, Bangkalan-Madura) <i>Nurhayati Aritonang, Satriana Fitri Mustika Sari</i>	23
3. Kualitas Kenyamanan Thermal pada Rumah Hunian Sementara (HUNTARA) Merapi di Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta <i>Dadang Hartabela, Sugini</i>	36
4. Transformasi Permukiman Tradisional dan Kesiagaan Bencana <i>Nyoman Gede Maha Putra</i>	43
5. Kesiapan Kebencanaan Berbasis Budaya Lokal Desa Kebonharjo dan Peran Perempuan di Dalamnya <i>Linda Octavia, Eko Parwoto</i>	60
C. Tema 2 : Kebijakan Manajemen Resiko dan Tata Ruang	
1. Pengelolaan Potensi Air di Muara Sungai Ayung untuk Menanggukangi Krisis Air di Daerah Pesisir Kota Denpasar <i>I Gusti Agung Putu Eryani</i>	74
2. Evakuasi dan Bantuan Bagi Warga di Area Berbahaya Letusan Gunung Agung <i>I Wayan Muliawan</i>	84
3. Manajemen Risiko untuk Proyek Kerjasama Pemerintah Swasta (KPS) Jalan Tol <i>Putu Ika Wahyuni, Sarwono Hardjo Muljadi, Hendrik Sulistio, Koespiadi</i>	94
D. Tema 3 : Teknologi, Inovasi Desain, dan Rekayasa Kontruksi	
1. Model Arsitektur Pengungsian Bagi Korban Erupsi Gunung Agung di Bali <i>Ayu Putu Utari Parthami Lestari</i>	110
2. Inovasi Model Desain Rumah Ramah Banjir dengan Pendekatan Arsitektur Tradisional Sunda <i>Nuryantho Adhi, Dadang Ahdiat, R. Irawan Surasetja</i>	124
3. Pemanfaatan Citra Satelit dalam Mitigasi Bencana : <i>Review</i> <i>Putu Aryastana</i>	144
4. Optimasi Distribusi Peredam Seismik pada Struktur Gedung : Praktikal dan Pemutakhiran Terkini	154



- I Putu Ellsa Sarasantika*
5. “Ruang Ungsi” Pertolongan Pertama pada Kawasan Perkotaan 164
Gde Bagus Andhika Wicaksana
6. Kajian Desain Sirkulasi sebagai Sarana Evakuasi Kebakaran pada Rumah 176
Susun Konfigurasi Tower
Ni Wayan Meidayanti Mustika
7. Dampak Permasalahan Lingkungan pada Peningkatan Potensi Bencana 192
Alam di Kawasan Permukiman Daerah Sempadan Sungai/Kali Code,
Jogjakarta
I Wayan Wirya Sastrawan, I Gede Surya Darmawan
8. Implementasi Arsitektur Tanggap Bencana pada Bangunan Pasar di Pulau 207
Serangan Pascareklamasi
I Gede Surya Darmawan, I Wayan Wirya Sastrawan

PEMANFAATAN CITRA SATELIT DALAM MITIGASI BENCANA: REVIEW

Putu Aryastana¹

¹ Jurusan Teknik Sipil, Universitas Warmadewa, Jl. Terompong No.24, Denpasar, Indonesia
aryastanaputu@yahoo.com¹

ABSTRACT

Natural disasters have a large impact on the economic, social and environmental aspects, so that efforts are needed to reduce these impacts. Efforts can be made in the form of planning, prevention, prediction, emergency response and monitoring. In this article, the utilization of satellite imagery in disaster mitigation is examined from the literature review. The study was conducted only on satellites that have high resolution, namely 0.31 m to 15 m and also precipitation satellite products. The results show that WorldView, GeoEye, QuickBird, IKONOS, SPOT, Alos, Cartosat, Landsat and precipitation satellite products are widely used in disaster mitigation, especially in disaster hazard analysis, identification and inventory of natural hazard, damage assessment, monitoring, prediction and vulnerability analysis. Utilization of satellite imagery is in floods, earthquakes, landslides, tsunamis, coastal erosion, forest fires, typhoons, tropical cyclones, hurricanes and glaciers slides.

Keywords: *disaster, imagery, mitigation, satellite*

ABSTRAK

Bencana alam memberikan dampak yang besar dari sisi ekonomi, sosial dan juga lingkungan, sehingga diperlukan adanya upaya yang dilakukan untuk mengurangi dampak tersebut. Upaya yang dilakukan dapat berupa perencanaan, pencegahan, prediksi, tanggap darurat dan pemantauan. Pada artikel ini memperlihatkan pemanfaatan citra satelit dalam mitigasi bencana yang dikaji dari berbagai sumber pustaka. Kajian dilakukan hanya pada satelit yang memiliki resolusi tinggi yaitu 0.31 m sampai 15 m dan juga produk satelit hujan. Hasil menunjukkan bahwa citra satelit WorldView, GeoEye, QuickBird, IKONOS, SPOT, Alos, Cartosat, Landsat dan produk satelit hujan banyak dimanfaatkan dalam mitigasi bencana terutama dalam analisis bahaya bencana, identifikasi dan inventarisasi bahaya, penilaian kerusakan, monitoring, prediksi dan analisis kerentanan. Pemanfaatan citra satelit adalah pada bencana banjir, gempa bumi, tanah longsor, tsunami, erosi pantai, kebakaran hutan, angin topan, badai tropis, *hurricane* dan longsor gunung es.

Kata Kunci: *bencana, citra, mitigasi, satelit*

I. LATAR BELAKANG

Bencana alam dapat diartikan sebagai sebuah peristiwa alam ekstrim yang terkonsentrasi dalam ruang dan waktu, yang mengancam manusia, merusak lingkungan dan sistem ekonomi, serta tidak diinginkan terjadi. Jenis bencana alam antara lain: tanah longsor, gempa bumi, tsunami, banjir, petir, salju longsor, angin topan, hujan badai, hujan es/badai

salju, penurunan tanah, gunung meletus, erosi pantai, kekeringan, kebakaran hutan (Alexander, 2001). Bencana alam terjadi hampir diseluruh belahan dunia dan memberikan dampak yang sangat besar terhadap kematian dan ekonomi. Kerugian yang sangat besar ditimbulkan oleh bencana, serta diperlukannya biaya yang besar pula untuk melakukan pengembalian kondisi, pencegahan dan mitigasi bencana.

Mitigasi merupakan rangkaian upaya yang dilakukan untuk mengurangi dampak dari bencana dalam suatu Negara atau masyarakat (Anonim, 2006). Rangkain upaya yang dilakukan dapat berupa perencanaan, pencegahan, prediksi, tanggap darurat, pemantauan yang bertujuan untuk mengurangi dampak dari bencana (Teodorescu, Kirschenbaum, Cojocar, & Bruderlein, 2014). Rangkain upaya ini sudah barang tentu memerlukan sumber daya yang cukup besar baik dari sisi sumber daya manusia, waktu, teknologi dalam usaha mengurangi suatu kerugian akibat bencana yang terjadi. Perkembangan teknologi yang begitu pesat terutama dalam bidang penginderaan jauh sangat membantu dalam melakukan pengelolaan bencana.

Spasial data mampu dipergunakan untuk mengidentifikasi, mempelajari, mengklasifikasikan dan memantau bahaya bencana alam. Penginderaan jauh menjadi teknologi utama untuk intepretasi visual dalam mengidentifikasi dan mendeteksi segala perubahan akibat bencana alam (Anonim, 2012). Sistem dan teknik analisa citra telah berkembang untuk memberikan kontribusi dalam mendukung manajemen bencana alam. Ketersedian citra satelit saat ini meningkat secara subtansial dari sisi jumlah dan ketepatan waktu yang mencakup situasi bencana alam (Voigt, et al., 2007). Perkembangan citra satelit saat ini sudah mencapai pada tingkat resolusi spasial sampai 0.31 m dan resolusi temporal sampai 30 menit.

Pada tulisan ini memperlihatkan pemanfaatan citra satelit dalam mitigasi bencana. Pengkajian lebih cenderung kepada pemanfaatan masing-masing citra dalam penilaian kerusakan bahaya, analisis bahaya, analisis kerentanan pada citra satelit dengan resolusi tinggi.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Pengkajian untuk memperoleh pemanfaatan citra satelit dalam mitigasi bencana dilakukan dengan mengkaji dari berbagai sumber pustaka (*literature review*). Kajian dilakukan hanya pada satelit yang memiliki resolusi tinggi yaitu dari 0.31 meter sampai 15 m dan juga produk satelit hujan.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Mitigasi Bencana

Dalam pengelolaan bencana, mitigasi bencana terdapat dalam tingkat yang paling awal harus dilakukan selain penilaian kerentanan dan pengelolaan resiko bencana. Mitigasi bencana terdiri dari analisis bahaya, pencegahan dan kesiagaan. Dalam analisis bahaya dilakukan identifikasi proses dan pemaparan bahaya, sedangkan dalam pencegahan dilakukan identifikasi langkah-langkah nonstruktural dan struktural, dalam kesiagaan dilakukan identifikasi kesadaran, struktur informasi, peringatan, pendidikan dan bantuan bencana (Weichselgartner, 2001).

3.2 Pemanfaatan citra satelit dalam mitigasi bencana

Satelit penginderaan jauh merupakan teknologi yang digunakan untuk mengamati fenomena bumi dengan instrumen untuk mengukur energy elektromagnetik tanpa melalui kontak fisik dengan objek yang diinginkan. Dalam manajemen bencana, satelit penginderaan jauh memungkinkan informasi diberikan diseluruh fase seperti pengkajian, perencanaan mitigasi, peringatan dini, penilaian dampak dan komunikasi darurat. Produk akhir dari penginderaan jauh yang sangat berguna dalam mitigasi bencana adalah data geospasial (Alvarado, Langston, Antoniou, & Urquijo, 2013).

Berikut adalah beberapa satelit resolusi tinggi yang produknya dimanfaatkan dalam mitigasi bencana:

3.2.1 WorldView

WorldView merupakan citra satelit yang dikembangkan oleh NASA pada tahun 2007. WorldView berkembang dari WorldView-1 sampai WorldView-4 yang memiliki resolusi sampai 0.31 m untuk sensor pankromatik dan 1.24 m untuk sensor multispektral (Romeijn, 2018). Pemanfaatan citra WorldView antara lain:

1. Citra WorldView-2 digunakan dalam melakukan penilaian kerusakan akibat kebakaran hutan liar serta penggambaran peta kerentanan terhadap kebakaran hutan di Fort McMurray, Alberta, Kanada (Ahmed, Rahaman, & Hassan, 2018).
2. Pembuatan peta zonasi banjir di Desa Long Beluah Kalimantan Utara dengan menggunakan citra WorldView-2 (Sudaryatno, Awanda, & Pratiwi, 2017).
3. Penilaian kerusakan akibat gempa dan tanah longsor yang dipicu juga oleh gempa

yang dilengkapi dengan peta inventarisasi longsor serta penilaian kondisi geologisnya dengan memanfaatkan citra WorldView-2 (Martha, Govindharaj, & Kumar, 2015).

4. Memetakan kepadatan bangunan, jaringan jalan, dan jarak dari garis pantai ke darat, sebagai parameter kerentanan terhadap bencana tsunami (Afwani, et al., 2018).
5. Analisa perubahan garis pantai untuk mendapatkan rata-rata erosi tiap tahunnya menggunakan WorldView-2 (Vassilakis, Tsokos, & Kotsi, 2016).

3.2.2 GeoEye

GeoEye merupakan satelit yang diluncurkan pada tanggal 6 September 2008 di California yang memiliki resolusi 0.46 m untuk pankromatik dan 1.84 untuk multispektral (Romeijn, 2018). Beberapa pemanfaatan satelit GeoEye dalam mitigasi bencana adalah:

1. Penyusunan peta bahaya banjir dengan tujuh kategori bahaya di Nicosia, Cyprus dapat memberikan informasi yang cepat dan hemat biaya (Franci, Bitelli, Mandanici, Hadjimitsis, & Agapiou, 2016).
2. Penilaian kerusakan akibat gempa dan peta inventarisasi longsor akibat gempa (Martha, Govindharaj, & Kumar, 2015).

3.2.3 QuickBird

Digital Globe berhasil meluncurkan sebuah satelit beresolusi tinggi yaitu QuickBird di California pada tanggal 18 Oktober 2001. Menggunakan sensor BGIS 2000, Satelit QuickBird mengumpulkan data gambar ke tingkat detail resolusi piksel 0.65 m (Romeijn, 2018). Aplikasinya dalam mitigasi bencana antara lain:

1. Citra QuickBird sebelum dan sesudah kejadian bencana tanah longsor dimanfaatkan untuk mendeteksi dan memetakan bahaya tanah longsor yang terjadi di Sicily Italia pada tanggal 1 Oktober 2009, sehingga bisa digunakan untuk mengevaluasi bahaya tanah longsor (Mondini, et al., 2011).
2. Analisis rinci dari pembentukan, dinamika longsor dan model pergerakan massa pada bahaya longsor gunung es (Huggel, Käab, & Salzmann, 2006).
3. Citra QuickBird-2 juga dimanfaatkan untuk menilai kerusakan akibat gempa dan penilaian kondisi geologinya (Martha, Govindharaj, & Kumar, 2015).
4. Kombinasi citra QuickBird dan *Digital Elevation Model* (DEM) untuk menilai tinggi *run-up* gelombang, jarak genangan dan erosi garis pantai akibat tsunami (Gillespie, Chu, Frankenberg, & Thomas, 2007).

3.2.4 IKONOS

IKONOS berhasil diluncurkan sebagai sensor satelit resolusi tinggi pertama pada 24 September 1999. IKONOS memiliki resolusi 0.82 m (pankromatik) dan 3.2 m (multispektral) (Romeijn, 2018). Dalam mitigasi bencana, citra IKONOS dimanfaatkan sebagai berikut:

1. Pemetaan kejadian tanah longsor dan monitoring perubahan permukaan tanah (tata guna lahan dan paparan kondisi tanah) akibat tanah longsor yang terjadi di Tessina Italia (Hervas, et al., 2003).
2. Analisis bahaya tsunami serta penilaian kerentanan tsunami yang terjadi di Pantai Andaman Thailand (Romer, et al., 2012).
3. Deteksi kerusakan dan estimasi kerugian akibat gempa dengan bantuan sistem informasi geografis (Chiroiu & Andre, 2001).
4. Pemetaan tutupan lahan untuk menganalisis kerusakan dan resiko akibat banjir (Sande, Jong, & Roo, 2003).
5. Mengidentifikasi kestabilan lereng dan potensi aliran puing-puing dengan pemodelan medan digital di Pegunungan Alpen Swiss (Huggel, Käab, & Salzmann, 2006).
6. Ekstraksi garis pantai dan menghitung laju erosi pantai dengan menggunakan citra IKONOS-2 (Vassilakis, Tsokos, & Kotsi, 2016).

3.2.5 SPOT

Citra SPOT mulai beroperasi tahun 1998 yaitu SPOT-4, kemudian pada tahun 2012 berubah menjadi SPOT-5, pada tahun 2012 menjadi SPOT-6 dan terakhir tahun 2014 diluncurkan SPOT-7 yang memiliki resolusi 1.5 m (pankromatik) dan 6.0 m (multispektral) (Romeijn, 2018). Pemanfaatan citra SPOT dalam mitigasi bencana adalah:

1. Mengembangkan sistem otomatis dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan pergerakan massa yang terjadi pada saat tanah longsor (Barlow, Franklin, & Martin, 2006).
2. SPOT-5 digunakan untuk analisis dinamika longsor dan model pergerakan massa pada bahaya longsor gunung es (Huggel, Käab, & Salzmann, 2006).
3. Penilaian kerusakan pra dan pasca gempa dan pengembangan *probabilistic model* untuk intensitas gempa serta mendeteksi distribusi spasial dari zone pecah permukaan (Gillespie, Chu, Frankenberg, & Thomas, 2007).
4. Analisis perubahan garis pantai dan laju erosi pantai di Kabupaten Tabanan (Aryastana, Ardantha, & Candrayana, 2018).

5. Kombinasi citra SPOT dan IKONOS untuk mendeteksi kedalaman genangan tsunami, ketinggian *run-up*, dan luas lahan yang terkena dampak untuk memungkinkan respond dan penilaian bencana yang cepat (Gillespie, Chu, Frankenberg, & Thomas, 2007).

3.2.6 Landsat

Data Landsat telah digunakan oleh pemerintah, komersial, industri, sipil, dan komunitas pendidikan di seluruh dunia. Jenis-jenis perubahan yang dapat diidentifikasi termasuk pembangunan pertanian, penggundulan hutan, penggurunan, bencana alam, eksplorasi dan klasifikasi mineral, urbanisasi, serta pengembangan dan degradasi sumber daya air (Romeijn, 2018). Beberapa penggunaan citra Landsat dalam mitigasi bencana yaitu sebagai berikut:

1. Inventarisasi bangunan akibat kerusakan gempa dan penilaian resiko pada gempa di Lima, Peru (Matsuoka, Miura, Midorikawa, & Estrada, 2013).
2. Pemanfaatan Landsat-5 TM dan Landsat-7 ETM+ dalam menginventarisasi kerusakan infrastruktur, bangunan, pertanian dan penilain geologi akibat tanah longsor pasca gempa bumi (Martha, Govindharaj, & Kumar, 2015).
3. Kombinasi citra Landsat dan SAR digunakan untuk mengidentifikasi daerah banjir yang nantinya dimanfaatkan dalam mengelola bencana banjir (Gillespie, Chu, Frankenberg, & Thomas, 2007).

3.2.7 ALOS

ALOS adalah salah satu satelit observasi bumi terbesar di dunia yang berfungsi untuk mengumpulkan data pengamatan tanah resolusi global dan tinggi. ALOS memiliki tiga instrumen penginderaan jauh yaitu PRISM, AVNIR-2 dan PALSAR. Beberapa tujuannya adalah kartografi, pemantauan bencana, survei sumber daya alam dan pengembangan teknologi (Romeijn, 2018). Penggunaan citra ALOS dalam mitigasi adalah:

1. Citra ALOS/PALSAR digunakan untuk menginvestigasi secara otomatis aktivitas tanah longsor seluas 250 km x 350 km di utara California dan selatan Oregon dan juga membuat peta deformasi tanah yang terjadi akibat tanah longsor tersebut (Zhao, Lu, Zhang, & Fuente, 2012).
2. Citra ALOS/PRISM digunakan untuk menilai tinggi bangunan sebelum dan sesudah terjadinya gempa sehingga bias diketahui perkiraan tingkat kerusakannya (Matsuoka, Miura, Midorikawa, & Estrada, 2013).
3. DEM dan citra ALOS AVNIR-2 dipergunakan untuk membuat peta tingkat

kerentanan genangan akibat tsunami (Sambah & Miura, 2014).

3.2.8 Cartosat

Sensor satelit CARTOSAT-1 dibangun oleh ISRO (*Indian Space Research Organization*) yang diluncurkan pada 5 Mei 2005 di Sriharikota, India. Citra satelit ini memiliki resolusi spasial 2.5 meter. Cartosat diharapkan mampu dipergunakan dalam pembangunan perkotaan dan pedesaan, pengelolaan sumber daya lahan dan air, penilaian bencana, deteksi perubahan tutupan lahan, perencanaan dan pengelolaan bantuan, penilaian dampak lingkungan (Romeijn, 2018). Dalam penilaian bencana Cartosat digunakan dalam hal sebagai berikut:

1. Pemanfaatan citra satelit Cartosat yang memiliki resolusi spasial 2.5 m dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan tipe tanah longsor secara semi otomatis di Himalaya India (Martha, Kerle, Jetten, Westen, & Kumar, 2010).
2. Citra Cartosat-1 dengan resolusi 2.5 m digunakan untuk menginventarisasi longsor, kerusakan infrastruktur pasca terjadinya gempa (Martha, Govindharaj, & Kumar, 2015).

3.2.9 Satelit Hujan

Perkembangan produk satelit hujan bermanfaat untuk memprediksi cuaca ekstrim seperti hujan badai, angin topan (*typhoon* dan *hurricane*). Beberapa produk satelit hujan antara lain TRMM (*Tropical Rainfall Mission Measurement*), PERSIANN (Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks), CMORPH (Climate Prediction Center with Morphing Technique), GSMaP (Global Satellite mapping for Precipitation), IMERG (Integrated Multi-satellite Retrieval for Global Precipitation Measurement). Pemanfaatan produk satelit hujan antara lain:

1. Data hujan dari TRMM dapat digunakan untuk membuat model aliran hidrologi dintegrasikan dengan data topografi mampu memprediksi potensi tanah longsor dan banjir (Hong, Adler, Negri, & Huffman).
2. PERSIANN-CSS berhasil melacak lintasan badai topan Haiyanyang terjadi di Asia Tenggara pada November 2013 (Nguyen, et al., 2014).
3. TRMM dan CMORPH digunakan dalam mengevaluasi perkiraan curah hujan yang mempengaruhi badai tropis di daratan Cina (Yu, Yu, Chen, Qian, & Yue, 2009).
4. GSMaP digunakan untuk mengetahui karakteristik pola hujan sebelum terjadi banjir dan monitoring kondisi hujan pada saat banjir terjadi (Aryastana, Tanaka, & Mahendra, 2012).

5. Data curah hujan jam-jaman IMERG berhasil mendeteksi variabilitas spasial badai Hurricane Harvey yang terjadi selama 25-29 Agustus 2017 di wilayah Houston (Omranian, Sharif, & Tavakoly, 2018).

IV. KESIMPULAN

Penginderaan jauh menjadi teknologi utama untuk interpretasi visual dalam mengidentifikasi dan mendeteksi segala perubahan akibat bencana alam. Citra satelit WorldView, GeoEye, QuickBird, IKONOS, SPOT, ALOS, Cartosat, Landsat dan produk satelit hujan banyak dimanfaatkan dalam mitigasi bencana terutama dalam analisis bahaya bencana, identifikasi dan inventarisasi bahaya, penilaian kerusakan, monitoring, prediksi dan analisis kerentanan. Pemanfaatan citra satelit adalah pada bencana banjir, gempa bumi, tanah longsor, tsunami, erosi pantai, kebakaran hutan, angin topan, badai tropis, hurricane dan longsor gunung es.

REFERENSI

- Afwani, M. Z., Utami, A. A., F, A. L., Suryandari, R. R., Munir, M., & Wibowo, T. W. (2018). High Spatial Resolution Imagery WorldView 2-A for Tsunami Vulnerability Mapping using Spatial Multicriteria Evaluation (SMCE): Case Study Pangandaran Regency. *2ND SIRINDHORN CONFERENCE ON GEO-INFORMATICS*.
- Ahmed, M. R., Rahaman, K. R., & Hassan, Q. K. (2018). Remote Sensing of Wildland Fire-Induced Risk Assessment at the Community Level. *Sensor*, 18(5), 1-16.
- Alexander, D. (2001). *Natural Disasters*. New York: Taylor & Francis Group.
- Alvarado, S. C., Langston, S., Antoniou, N., & Urquijo, E. (2013). The Progressive use of Satellite Technology for Disaster Management Relief: Challenges to a Legal and Policy Framework. *64th International Astronautical Congress* (pp. 1-7). Beijing: International Astronautical Federation.
- Anonim. (2006). *Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia*. Jakarta: Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia.
- Anonim. (2012). Retrieved November 11, 2018, from UNISDR: <https://www.unisdr.org/we/inform/events/21258>
- Aryastana, P., Ardantha, I. M., & Candrayana, K. W. (2018). Coastline Change Analysis and Erosion Prediction using Satellite Images. *MATEC Web of Conferences*. 197, p. 13003. Bandung: EDP Sciences.
- Aryastana, P., Tanaka, T., & Mahendra, M. S. (2012). Characteristic of rainfall pattern before flood occur in Indonesia based on rainfall data from GSMaP. *Ecotrophic: Journal of Environmental Science*, 7(2), 100-110.
- Barlow, J., Franklin, S., & Martin, Y. (2006). High Spatial Resolution Satellite Imagery, DEM Derivatives, and Image Segmentation for the Detection of Mass Wasting Processes. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72(6), 687-692.
- Chiroiu, L., & Andre, G. (2001). *Damage Assessment using High Resolution Satellite Imagery: Application to 2001 Bhuj, India Earthquake*.
- Franci, F., Bitelli, G., Mandanici, E., Hadjimitsis, D., & Agapiou, A. (2016). Satellite remote sensing and GIS-based multi-criteria analysis for flood hazard mapping. *Nat Hazards*.

doi:10.1007/s11069-016-2504-9

- Gillespie, T. W., Chu, J., Frankenberg, E., & Thomas, D. (2007). Assessment and Prediction of Natural Hazards from Satellite Imagery. *Prog Phys Geogr.*, 31(5), 459–470. doi:10.1177/0309133307083296
- Hervas, J., Barredo, J. I., Rosin, P. L., Pasuto, A., Mantovani, F., & Silvano, S. (2003). Monitoring landslides from optical remotely sensed imagery: the case history of Tessina landslide, Italy. *Geomorphology*, 54, 63-75. doi:10.1016/S0169-555X(03)00056-4
- Hong, Y., Adler, R. F., Negri, A., & Huffman, G. J. (n.d.). *Flood and Landslide Applications of Near Real-time Satellite Rainfall Products*. NASA.
- Huggel, C., Kääb, A., & Salzmann, N. (2006). Evaluation of QuickBird and IKONOS imagery for assessment of high-mountain hazards. *EARSeL*, 5, pp. 51-62. eProceedings.
- Martha, T. R., Govindharaj, K. B., & Kumar, K. V. (2015). Damage and geological assessment of the 18 September 2011 Mw 6.9 earthquake in Sikkim, India using very high resolution satellite data. *Geoscience Frontiers*, 6(6), 793-805. doi:10.1016/j.gsf.2013.12.011
- Martha, T. R., Kerle, N., Jetten, V., Westen, C. J., & Kumar, K. V. (2010). Characterising spectral, spatial and morphometric properties of landslides for semi-automatic detection using object-oriented methods. *Geomorphology*, 116, 24-36. doi:10.1016/j.geomorph.2009.10.004
- Matsuoka, M., Miura, H., Midorikawa, S., & Estrada, M. (2013). Extraction of Urban Information for Seismic Hazard and Risk Assessment in Lima, Peru Using Satellite Imagery. *Journal of Disaster Research*, 8(2), 328-345.
- Mondini, A. C., Guzzetti, F., Reichenbach, P., Rossi, M., Cardinali, M., & Ardizzone, F. (2011). Semi-automatic recognition and mapping of rainfall induced shallow landslides using optical satellite images. *Remote Sensing of Environment*, 115, 1743–1757. doi:10.1016/j.rse.2011.03.006
- Nguyen, P., Sellars, S., Andrea, T., Tao, Y., Ashouri, H., Braithwaite, D., . . . Sorooshian, S. (2014). Satellites Track Precipitation of Super Typhoon Haiyan. *Eos*, 95(16), 133-135.
- Omranian, E., Sharif, H. O., & Tavakoly, A. A. (2018). How Well Can Global Precipitation Measurement (GPM) Capture Hurricanes? Case Study: Hurricane Harvey. *remote sensing*, 10(1150), 1-14. doi:10.3390/rs10071150
- Romeijn, L. J. (2018). Retrieved November 12, 2018, from Satellite Imaging Corporation: <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/>
- Romer, H., Willroth, P., Kaiser, G., Vafeidis, A. T., Ludwig, R., Sterr, H., & Diez, J. R. (2012). Potential of remote sensing techniques for tsunami hazard and vulnerability analysis – a case study from Phang-Nga province, Thailand. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12, 2103–2126. doi:10.5194/nhess-12-2103-2012
- Sambah, A. B., & Miura, F. (2014). Remote sensing and spatial multi-criteria analysis for tsunami vulnerability assessment. *Disaster Prevention and Management*, 23(3), 271-295. doi:10.1108/DPM-05-2013-0082
- Sande, C. J., Jong, S. M., & Roo, A. J. (2003). A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4, 217–229. doi:10.1016/S0303-2434(03)00003-5
- Sudaryatno, Awanda, D., & Pratiwi, S. E. (2017). Participatory Mapping for Flood Disaster Zoning based on WorldView-2 Data in Long Beluah, North Kalimantan Province. *The 5th Geoinformation Science Symposium 2017* (pp. 1-8). IOP Publishing.
- Teodorescu, H. N., Kirschenbaum, A., Cojocaru, S., & Bruderlein, C. (2014). *Improving Disaster Resilience and Mitigation - IT Means and Tools*. Dordrecht: Springer. doi:10.1007/978-94-017-9136-6_1
- Vassilakis, E., Tsokos, A., & Kotsi, E. (2016). Shoreline Change Detection and Coastal Erosion

- Monitoring using Digital Processing of a Time Series of High Spatial Resolution Remote Sensing Data. *14th International Congress of the Geological Society of Greece* (pp. 1747-1755). Thessaloniki: Bulletin of the Geological Society of Greece.
- Voigt, S., Kemper, T., Riedlinger, T., Kiefl, R., Scholte, K., & Mehl, H. (2007). Satellite Image Analysis for Disaster and Crisis-Management Support. *IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING*, 45(6), 1520-1528.
- Weichselgartner, J. (2001). Disaster mitigation: the concept of vulnerability revisited. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 10(2), 85-95. doi:10.1108/09653560110388609
- Yu, Z., Yu, H., Chen, P., Qian, C., & Yue, C. (2009). Verification of Tropical Cyclone-Related Satellite Precipitation Estimates in Mainland China. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 48, 2227-2241. doi:10.1175/2009JAMC2143.1
- Zhao, C., Lu, Z., Zhang, Q., & Fuente, J. d. (2012). Large-area landslide detection and monitoring with ALOS/PALSAR imagery data over Northern California and Southern Oregon, USA. *Remote Sensing of Environment*, 124, 348-359. doi:10.1016/j.rse.2012.05.025



ISBN 978-602-1582-43-5



9 786021 582435

SEKRETARIAT

Fakultas Teknik Universitas Warmadewa
Jalan Terompong No. 24, Denpasar - Bali
Indonesia
80235

Telp: +62361234697

Fax: +62361234697