

## DETEKSI POTENSI LONGSOR DI KABUPATEN SINJAI DENGAN TEKNOLOGI GEOSPASIAL

### *DETECTION OF POTENTIAL FOR LANDSLIDE DISASTER IN SINJAI DISTRICT WITH GEOSPATIAL TECHNOLOGY*

Diterima tanggal 16 Agustus 2018 Disetujui tanggal 30 September 2018

**Muhlis dan Muhtar**

Sekolah tinggi Teknologi Nusantara Indonesia Makassar, Sulawesi Selatan.

E-mail : [salfat28@yahoo.com](mailto:salfat28@yahoo.com)

#### ABSTRAK

Potensi bencana alam tanah longsor yang terdapat di wilayah Kabupaten Sinjai umumnya terjadi pada wilayah dengan kemiringan topografi >45% dengan kondisi hutan yang sudah mengalami penggundulan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran wilayah yang berpotensi rawan longsor dengan teknologi geospasial dan penyebab longsor di wilayah penelitian. Populasi dalam penelitian ini adalah keseluruhan satuan lahan di wilayah Kabupaten Sinjai yang merupakan hasil overlay enam peta meliputi; (1) Peta status kawasan skala 1:200.000 tahun 2012 (2) Peta bentuk lahan (SRTM), (3) Peta kemiringan lereng (data DEM) skala 1:250.000 tahun 2011, (4) Peta penggunaan lahan (hasil klasifikasi data citra satelit landsat ETM+8), (5) peta jenis tanah skala 1:200.000 tahun 2011 dan (6) peta iklim skala 1:250.000 tahun 2012. Variabel yang dikaji antara lain : (1) Kemiringan lereng, (2) Daya dukung tanah, kedalaman solum dan tekstur tanah, (3) Bahaya erosi tingkat kemiringan. Metode dan teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi metode interpretasi, dokumentasi, wawancara, pengamatan, dan ground truth. Metode analisis data yaitu melalui metode tumpang susun (overlay) peta-peta dan metode pengharkatan (skoring). Hasil penelitian menunjukkan bahwa wilayah yang paling berpotensi rawan longsor terutama di Kecamatan Sinjai Barat, Sinjai Borong, Sinjai Tengah, Sinjai Selatan dan Sinjai Timur bagian utara serta sebagian Bulupoddo, sedangkan Kecamatan Sinjai Utara, Sebagian Bulupoddo dan Tellu Limpo termasuk wilayah yang relative rendah potensi longsohnya. Penyebab utama longsor di Kabupaten Sinjai disebabkan oleh faktor alam seperti curah hujan, kemiringan lereng, sedangkan faktor lain adalah penggunaan tutupan lahan yang tidak sesuai dengan konsep evaluasi kesesuaian lahan.

***Kata Kunci : geospasial, longsor, curah hujan, citra satelit.***

#### ABSTRACT

The potential for landslide disaster in Sinjai District generally occurs in areas with a topographic slope of > 45% with deforested conditions caused by sedentary cultivators and illegal logging. This study aimed to determine the distribution of potential landslide-prone areas with geospatial technology and the causes of landslides in the study area. The research was conducted from February to May 2018. The main causes of the landslide in Sinjai Regency consist of rainfall, slope, land cover, level of landslide potential based on rainfall divided into low grade with a rainfall range of 2000-2500, spread in the area of Sinjai Bulupoddo Subdistrict, North Sinjai, part of the Central Sinjai District and northern Sinjai Timur Subdistrict. While the area located in the moderate landslide potential class is located in the rainfall range 2500 mm - 3000 mm, this potential is spread in the district Sinjai Barat Utara, District Sinjai Tengah, East Sinjai District, and

South Sinjai. Potential high-grade landslide with rainfall value is in the range of 3000 mm - 3500 mm spread in the East Sinjai District, Central Sinjai District, South Sinjai Subdistrict and Sinjai Barat and Sinjai Borong Subdistricts, while the grade class landslide class is very high with 3500 rainfall range mm - 4000 mm spread in South Sinjai and Sinjai Borong Subdistricts and some of Sinjai Tellulimpo Subdistrict. Slopes with a slope rate of more than 40%, including very steep categories that have great potential for landslides, the area is spread in the District Sinjai Borong and some areas of West Sinjai District. For a slope of 15 - 40%, including the steep categories scattered in the District of West Sinjai, Sinjai Borong, Central Sinjai and parts of South Sinjai. For the slope of 5 - 15%, including sloping categories spread in District Bulupoddo, District Sinjai Tengah, District Sinjai Selatan and part of District Tellulimpoe. For slopes 2 - 5%, including slopes spread over Bulupoddo sub-district, part of Sinjai Tengah Subdistrict, Sinjai Tengah District and Tellulimpoe Sub-district. For slope 0 - 2%, including flat category spread in North Sinjai Subdistrict, and part of East Sinjai District and some of Tellulimpoe Sub-district. Based on the pattern of the spread of slopes, the most potentially landslide areas are Sinjai Barat District, Sinjai Borong Sub-district, Sinjai Tengah Sub-District, East Sinjai District.

**Keywords: geospasial, landslide, rainfall, satellite images.**

## **PENDAHULUAN**

Kabupaten Sinjai memiliki 3 (tiga) dimensi wilayah, yakni wilayah laut/pantai, wilayah dataran rendah dan wilayah dataran tinggi. Secara morfologi, kondisi topografi wilayah Kabupaten Sinjai sangat bervariasi, yaitu dari area dataran hingga area yang bergunung. Sekitar 38,26 persen atau seluas 31.370 Ha merupakan kawasan dataran hingga landai dengan kemiringan 0 - 15 persen. Area perbukitan hingga bergunung dengan kemiringan di atas 40 persen, diperkirakan seluas 25.625 Ha atau 31,25 persen.

Potensi bencana alam tanah longsor yang terdapat di wilayah Kabupaten Sinjai umumnya terjadi pada wilayah dengan kemiringan topografi >45% dengan kondisi hutan yang sudah mengalami penggundulan yang disebabkan oleh peladang yang berpindah-pindah dan penebangan liar. Wilayah Kabupaten Sinjai yang diidentifikasi rawan terjadi bencana alam tanah longsor dan gerakan tanah berlokasi di Kecamatan Sinjai Barat, Kecamatan Sinjai Tengah, Kecamatan Sinjai Borong, Kecamatan Bulupoddo, Kecamatan Sinjai tengah, Kecamatan Sinjai Timur, Kecamatan Tellulimpoe dan Kecamatan Sinjai Utara (Anonim, 2015).

Tidak adanya informasi yang pasti tentang luas, posisi titik koordinat wilayah yang rawan terkena longsor, untuk mendapatkan informasi tentang kondisi wilayah tersebut maka perlu dilakukan pengukuran dan survei wilayah, namun hal ini memerlukan jumlah tenaga kerja yang banyak dan waktu yang lama sehingga memerlukan biaya yang tinggi (Muhlis, 2014). Tujuan pelaksanaan penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran wilayah yang berpotensi rawan longsor dengan teknologi geospasial dan penyebab longsor di wilayah penelitian.

## **METODOLOGI PENELITIAN**

### **Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain meteran, GPS, komputer, printer, dan alat tulis menulis. Bahan-bahan yang digunakan antara lain peta Reppprot, peta administrasi, peta jenis tanah, peta kemiringan lereng, peta curah hujan, peta penggunaan lahan, dan software ArcGIS, Ermapper dan Arcview.

### **Teknik Pengumpulan Data**

Populasi dalam penelitian ini adalah berupa keseluruhan satuan lahan di wilayah Kabupaten Sinjai yang merupakan hasil overlay lima peta: (1) Peta status kawasan skala 1:200.000 tahun 2012 (2) Peta bentuk lahan

(SRTM), (3) Peta kemiringan lereng (data DEM) skala 1:250.000 tahun 2011 dan (4) Peta penggunaan lahan (hasil klasifikasi data citra satelit landsat ETM+8) (5) peta Jenis tanah skala 1:200.000 tahun 2011 (6) peta iklim skala 1:250.000 tahun 2012. Variabel yang dikaji ada 3 (tiga), yaitu antara lain : (1) Kemiringan lereng, (2) Daya dukung tanah kedalaman solum dan tekstur tanah, (3) Bahaya erosi tingkat kemiringan. Metode dan teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi metode interpretasi, dokumentasi, wawancara, pengamatan, dan ground truth. Metode analisis data yaitu melalui metode tumpang susun (overlay) peta-peta dan metode pengharkatan (*skoring*).

#### Prosedur penelitian

1. Penentuan peta unit lahan untuk menentukan lokasi yang terdeteksi rawan longsor
2. Survey lapangan (melihat kondisi wilayah)
3. Mengambil titik kordinat dilokasi
4. Melakukan pengolahan data spasial
5. Mengambil kesimpulan dari pengolahan data tersebut
6. Membuat arahan penggunaan dan konservasi lahan

#### Analisis data

##### 1. Pengolahan Citra

###### a. Klasifikasi Penutupan Lahan/ Penggunaan Lahan

Peta penggunaan lahan didapatkan dari peta klasifikasi citra satelit landsat ETM+8. Dari klasifikasi citra dihasilkan kelas-kelas penutup lahan yang akan diturunkan menjadi informasi penggunaan lahan, hal ini sejalan dengan pendapat Danoedoro (2012) yang menyatakan bahwa klasifikasi multispektral hanya dapat diterapkan untuk pemetaan penutup lahan (*land cover*), dan bukan penggunaan lahan. Aspek penggunaan lahan secara deduktif dapat diturunkan dari informasi penutup lahannya, atau dengan cara lain melalui pemasukan informasi bantu atau *ancillary* data (rotasi tanaman, citra multitemporal, faktor bentuk lahan, dan

sebagainya). Oleh karena itu, skema klasifikasi yang disiapkan harus berisi kelas-kelas penutup lahan (misalnya pertanian, perkebunan, hutan campuran, semak, padang rumput, lahan terbuka, dan sebagainya); bukan penggunaan lahan (sawah, tegalan, hutan lindung) karena aspek fungsi ini tidak dapat direpresentasikan melalui nilai piksel, kecuali untuk kasus-kasus khusus.

Peta penggunaan lahan (*land use*) yang didapatkan dari hasil klasifikasi data citra baru bisa digunakan setelah dilakukan uji akurasi dilapangan (*ground truth*). Nilai akurasi didapatkan dari eror matriks, yaitu dengan mengambil titik-titik sampel dari masing-masing penutupan lahan hasil klasifikasi kemudian melakukan cek lapangan, apakah sesuai atau tidak dengan lahan hasil klasifikasi berdasarkan pembacaan piksel-piksel yang sama. Uji akurasi sangat penting untuk peta hasil klasifikasi data penginderaan jauh, karena uji akurasi memberikan gambaran tingkat kepercayaan terhadap informasi dari peta yang dihasilkan. Untuk mendapatkan nilai akurasi secara keseluruhan penelitian ini menggunakan persamaan *coefisien chatt* (lihat persamaan 1), berdasarkan referensi yang ada ketelitian citra landsat ETM+8 mencapai 95% untuk mengidentifikasi lahan sawah sawah irigasi di Kalifornia dan lahan gandum di Kansas, Oklahoma, dan Texas di Amerika. Tetapi identifikasi tanaman di negara berkembang ketelitiannya lebih rendah hanya sekitar 75% - 85% (Aronof, 2005).

Dari olah citra dihasilkan nilai statistik antara lain luasan areal masing-masing kelas penutupan lahan, data yang didapatkan dari hasil olah software kemudian dicocokkan dengan data statistik tentang luas wilayah yang terdeteksi memiliki potensi longsor.

###### b. Penentuan Titik Sebaran Longsor

Penentuan lokasi penyebaran tanaman cengkeh dilakukan dengan mengadakan kunjungan langsung ke lokasi-lokasi pertanaman dengan kriteria sebagai berikut: Lokasi penyebaran ditentukan di empat Kecamatan yaitu Kecamatan Sinjai Barat, Sinjai Borong,

Sinjai Timur, Sinjai Tengah dan Tellu Limpoe, dengan memilih jumlah desa dengan kriteria 50% dari seluruh jumlah desa dalam satu Kecamatan dengan memperhatikan besarnya luasan berdasarkan data statistik yang ada, sebagai contoh Kecamatan Borong Selatan memiliki 8 Desa, maka penentuan desa untuk pengambilan sampel dengan kriteria 50% dari jumlah desa tersebut, maka dipilih 4 Desa. Untuk penentuan titik sampel penyebaran di tiap desa diambil dengan kriteria 10% dari jumlah petani pemilik lahan cengkeh yang ada di desa tersebut. Titik tersebut kemudian diinput kedalam peta hasil Klasifikasi penutupan lahan dari data citra satelit landsat ETM+8. Peta hasil klasifikasi dan titik-titik penyebaran wilayah longsor dengan peta rupa bumi untuk menentukan tingkat kerawanan berdasarkan peta.

#### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Kabupaten secara administrative terdiri atas 9 (Sembilan) Kecamatan dapat dilihat pada peta diatas, Kabupaten Sinjai merupakan daerah yang memiliki potensi longsor yang besar, beberapa factor yang menjadi pemicu terjadinya bencana anatara lain faktor kelerengan, faktor hidrologi dan DAS, faktor geologis, faktor curah hujan, faktor patahan, faktor jalan, faktor pemukiman, faktor penggunaan dan tutupan lahan serta faktor tekstur tanah menggunakan pendekatan jenis tanah.

Hasil estimasi longsor ini diklasifikasikan menjadi empat kelas, yaitu kelas longsor rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Pembagian kelas ini dengan melihat sebaran nilai yang dihasilkan dari perhitungan selanjutnya dibagi secara merata menjadi empat bagian. Karnawati (2005) dalam bukunya yang berjudul "Bencana Alam Gerakan Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulannya, (dalam Buzthan, 2013) berpendapat bahwa proses terjadinya tanah longsor atau gerakan tanah dibagi menjadi dua faktor yaitu faktor penyebab pengontrol dan faktor pemicu gerakan. Faktor pengontrol meliputi: aspek geomorfologi,

geologi, tanah, geohidrologi dan tata guna lahan. Faktor pemicu gerakan meliputi: infiltrasi air kedalam lereng, getaran dan aktivitas manusia. Ada banyak klasifikasi mekanisme tanah longsor, seperti klasifikasi yang dikemukakan oleh Varnes (1978), Hoek dan Bray (1981). Klasifikasi tanah longsor yang sering digunakan adalah klasifikasi yang dikemukakan oleh Varnes untuk lereng alami. Adapun klasifikasi Hoek dan Bray banyak digunakan dalam bidang pertambangan yaitu untuk lereng buatan. Klasifikasi Varnes didasarkan pada mekanisme gerakan dan material yang berpindah atau bergerak.

Berdasarkan pengamatan lapangan, penyebab atau pengontrol terjadinya tanah longsor adalah karena kemiringan lahan yang terjal sampai sangat terjal dan batuan penyusun lereng adalah batuan vulkanik muda yang mudah lapuk terutama tufa yang lapuk tinggi sampai lapuk sempurna, sehingga bila musin hujan air akan mudah meresap ke dalam tubuh batuan dan menyebabkan massa batuan menjadi berat sehingga tanah longsor terjadi.

#### **Curah hujan**

Peta curah hujan juga berpengaruh dan merupakan peta dasar yang dimiliki karena curah hujan di setiap lokasi juga berbeda-beda. Selain itu, hujan juga berpengaruh terhadap longsor sehingga jika jenis tanah dengan skor tertinggi dan dengan skor curah hujan tertinggi juga, maka dapat diperkirakan daerah tersebut merupakan daerah yang rawan longsor.

Di kabupaten Sinjai curah hujan berada pada kisaran 2000 mm sampai dengan 4000 mm yang tersebut di beberapa Kecamatan dan tiap kecamatan memiliki nilai curah hujan yang berbeda beda pula. Pembagian tingkat potensi longsor berdasarkan curah hujan dibagi menjadi kelas rendah dengan kisaran curah hujan berada pada nilai 2000-2500, wilayah tersebut di wilayah Kecamatan Sinjai Bulupoddo, Sinjai Utara, sebagian Kecamatan Sinjai Tengah bagian utara serta Kecamatan Sinjai Timur bagian utara.

Sedangkan wilayah yang berada pada kelas potensi longsor sedang yaitu berada pada kisaran curah hujan 2500 mm - 3000 mm, potensi ini tersebar di Kecamatan Sinjai Barat Bagian utara, Kecamatan Sinjai Tengah, Kecamatan Sinjai Timur dan Sinjai Selatan. Potensi longsor kelas tinggi dengan nilai curah hujan berada pada kisaran 3000 mm – 3500 mm yang sebar di Kecamatan Sinjai Timur, Kecamatan Sinjai Tengah, Kecamatan Sinjai Selatan dan Kecamatan Sinjai Barat dan Sinjai Borong, sedangkan kelas longsor tingkatan kelas sangat tinggi dengan kisaran curah hujan 3500 mm – 4000 mm tersebar di Kecamatan Sinjai Selatan dan Sinjai Borong serta sebagian Kecamatan Sinjai Tellulimpoe. Sebarannya dapat dilihat pada gambar 4.1. berikut ini.

**Kemiringan Lereng**

Lereng atau kemiringan suatu tempat juga merupakan salah satu faktor yang dapat menyebabkan terjadinya longsor. Oleh karena itu, peta kemiringan lereng juga berpengaruh dan dapat dijadikan sebagai parameter sebagai peta dasar dalam pemetaan daerah yang rawan longsor. Kriteria kemiringan lereng dapat kita lihat pada Table 1.

No	Lereng(%)	Kriteria Kemiringan	Skor
1	Diatas 40	Sangat terjal	5
2	15-40	Terjal	4
3	5-15	Miring	3
4	2-5	Landai	2
5	0-2	Datar	1

Lereng dengan tingkat kemiringan lebih dari 40% termasuk kategori sangat terjal sehingga berpotensi besar mengalami longsor, wilayah tersebut tersebar di wilayah Kecamatan Sinjai Borong dan sebagian wilayah Kecamatan Sinjai Barat. Untuk kemiringan 15 – 40% termasuk kategori terjal yang tersebar di wilayah Kecamatan Sinjai Barat, Sinjai Borong, Sinjai Tengah dan sebagian Sinjai Selatan. Untuk kemiringan 5 – 15% termasuk kategori miring yang tersebar di Kecamatan Bulupoddo, Kecamatan Sinjai Tengah, Kecamatan Sinjai Selatan dan sebagian Kecamatan Tellulimpoe.

Untuk kemiringan 2 – 5 % termasuk kategori landai yang tersebar di wilayah Kecamatan Bulupoddo, sebagian Kecamatan Sinjai Tengah, Kecamatan Sinjai Tengah dan Kecamatan Tellulimpoe. Untuk kemiringan 0 – 2 % termasuk kategori datar yang tersebar di Kecamatan Sinjai Utara, dan sebagian Kecamatan Sinjai Timur serta sebagian Kecamatan Tellulimpoe. Berdasarkan pola sebaran lereng wilayah yang paling berpotensi longsor adalah Kecamatan Sinjai Barat, Kecamatan Sinjai Borong, Kecamatan Sinjai Tengah, Kecamatan Sinjai Timur. Sebarannya dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Peta sebaran kemiringan lereng

**Penggunaan lahan**

Peta penggunaan lahan berfungsi sebagai pusat informasi penggunaan lahan yang ada di daerah yang akan dipetakan supaya dapat mengetahui kawasan yang mungkin terkena longsor. Kawasan yang dapat terkena longsor dapat berupa kawasan pemukiman, kawasan hutan lindung, dan lain sebagainya. Peta ini juga dapat menjadi pedoman untuk menganalisis lebih lanjut untuk menentukan lokasi evakuasi jika longsor terjadi di kawasan pemukiman. Penggunaan lahan Kabupaten Sinjai disajikan pada Gambar 2.



sesuai dengan konsep evaluasi kesesuaian lahan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adams, J.B., and Gillespie, A.R. 2006. *Remote Sensing of Landscape With Spectral Modelling Approach*: Cambridge University Press.
- Anderson, J. R., Hardy, E., Roach, J., and Witmer, R. 1976. *A Land-Use and Land-cover Classification System for Use with Remote Sensor Data*. Washington DC: US Geological Survey.
- Anonim, 2014. *Persyaratan tumbuh Tanaman Cengkeh*. [www.google.com](http://www.google.com) diakses pada tanggal 14 januari 2014, Makassar 2014
- Aronof, S. 2005. *Remote Sensing For GIS Managers*. New York: John Wiley and Sons
- Arsyad, S. 1979. *Konservasi Tanah*. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, IPB. Bogor.
- Baja, S. 2012. *Perencanaan Tata Guna Lahan Dalam Pengembangan Wilayah: Pendekatan Spasial dan Aplikasinya*. Penerbit Andi, Yogyakarta
- Baja, S. 2012. *Metode Analitik Evaluasi Sumber Daya Lahan: Aplikasi GIS, Fuzzy Set, dan MCDM*. Penerbit Identitas, Makassar
- Campbell, J., 2000, *Introduction to Remote Sensing*. Guilford Press, 551 p. New York.
- Campbell, J.B. 2002. *Introducing to Remote Sensing, 3<sup>rd</sup> edition*. New York: Guilford Press.
- Danoedoro, P. 2001, Integration of remote sensing and geographical information system for land-use Mapping: An Indonesian Example. In Zonneveld, I.S. and van der zee, D. (Ed), *Landscape Ecology Applied in Land Evaluation, Development and Conservation: Some World Wide Examples*. ITC Publication Number 81/IALE Publication Number MM-1. Enschede: ITC/ International Association For Land Evaluation.
- Danoedoro, P., and Phin, S. 2005. Detailed Land-cover Mapping by Introducing Higher-spatial Resolution Pancromatic Bands in Multispectral Classification: Examples Using Landsat+ and Quickbird Imagery. *Paper Presented at the MapAsia 2005 Conference: Empowering People through Geospatial Information*, Jakarta.
- Danoedoro, P. 2013. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Penerbit Andy, Yogyakarta.
- Djaenuddin, D., Marwan H., Subagyo H., dan A. Hidayat, 2003. *Petunjuk untuk komoditas pertanian*. Edisi Pertama tahun 2003, ISBN 979-9474-25-6. Balai Penelitian Tanah, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor, Indonesia
- Estes, J. 1992. "Remote sensing and GIS Integration: Research Needs, Status and Trends". *ITC Journal* (3).
- FAO. 1976. *A Framework for land evaluation*. FAO Soil Bulletin no.32. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Hanafi I.H., 2011. *Aktifitas Penginderaan Jauh Melalui Satelit Di Indonesia Dan Pengaturannya Dalam Hukum Ruang Angkasa*. Jurnal Sasi Vol. 17 No. 2 April – Juni 2011: 6-7
- Hapsari, B., Awaluddin, M., Yuwono, B.D. 2014. *Evaluasi Kesesuaian Lahan Tanaman Pertanian Berbasis Sistem Informasi Geografis Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Set*. Jurnal Geodesi UNDP. Vol. 3 Nomor 1, (ISSN: 2337-845X)
- Hardjowigeno, S., 2011. *Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tata Guna Lahan*. Gajah Mada University Press: Yogyakarta
- Hardjowigeno, S., 2003. *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo: Jakarta
- Hidayati I. N., 2013. *Pengaruh ketinggian dalam analisis kemasukan-akalan (plausibility function) untuk optimalisasi klasifikasi Penggunaan lahan*. Makalah

- disajikan dalam seminar nasional penginderaan jauh di Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta 15 Mei 2013.
- Jahne, B., 1991, *Digital Image Processing*. Springer-Verlag. New York.
- Jensen, J.R., D.J. Cowens, Nuramalani, J.D. Althausen and O. Weatherbee, 1993. *Urban Suburban Land Use Analisis Chapter 30 in Manual of Remote Sensing*, R. Colwell, ed., Falls Church, VA: American Society of Photogrammetry, 2:1571-1666.
- Jensen, R. 1986. *Introductory digital image processing, A Remote Sensing Perspective*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- Lillesand, T.M. and R.W. Kiefer, 1979. *Remote Sensing and Image Interpretation*, John Wiley and Sons, New York.
- Lillesand, T.M. Dean Kiefer, 1988. *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley and Sons.
- Lillesand, T.M. and R.W. Kiefer, 1993. *Remote Sensing and Image Interpretation* oleh Dulbahri, Prato Suharsono Hartono dan Suharyati. *Terjemahan Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W. 2000. *Remote Sensing and Image Interpretation*. 4<sup>th</sup> Edition. John Wiley and Sons. New York.
- Malingreau, J. P., and Christiani, R. 1982. "A Land-cover and Land-use Classification for Indonesia. *The Indonesian Journal of Geography*,
- McCloy, R. 2005. *Field Methods in Remote Sensing*. New York: Guildford Press
- Mumby, P.J., and Edwards, A.J. 2002. "Mapping Marine Environment with Ikonos Imagery: Enchanted Spatial Resolution Can Deliver Greater Thematic Accuracy". *Remote Sensing of Environment* (82), 248-257.
- Parwati E., Prasasti I., Effendy I. 2004. *Penentuan Potensi Lahan Untuk Tanaman Kedelai Dan Tanaman Cengkeh Dari Data Landsat Tm dan Data Iklim Di Kabupaten Banyuwangi Dengan Sistem Informasi Geografis*. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital* Vol. 1 No. 1 Juni 2004: 35-45
- Phin S.R. 2002 GEOS 3301/7322 *Advanced Remote Sensing. Lecture notes*. St Lucia, Brisbane: School of Geography, Planning and Architecture, The University of Queensland.
- Prasasti I., Sofyan P., Febrianti N., Suprpto T. 2014. *Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh Untuk Analisis Pengaruh Perubahan Lahan Terhadap Distribusi Spasial Daerah Bahaya Banjir Di Dki Jakarta Dan Koefisien Aliran Permukaan*. Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014
- Pratiwi, K. 2012. *Aplikasi Pengolahan Digital Citra Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis Untuk Pemetaan Lahan Kritis Kasus di Kabupaten Banjarnegara Provinsi Jawa Tengah*, (Online). (<http://google.com>), diakses pada 27 Februari 2014).
- Purbowaseso, B. 1995. *Penginderaan Jauh Terapan*. Terjemahan : UI.Press. Universitas Indonesia: Jakarta.
- Puthut, EA. Dkk., 2013. *Ekspedisi Cengkeh*. Penerbit Inninawa dan Layar Nusa. Makassar
- Putri, Y.S.V.R., Taufik, M., Utama, W., *Aplikasi Penginderaan Jauh dan Metode Geolistrik untuk Analisa Potensi Batuan Fosfat (Studi Kasus : Kecamatan Saronggi, Kabupaten Sumenep)*. *Jurnal Teknik Pomits* 10: 2301-9271
- Ramli M., Baja S. 2005. *Aplikasi fuzzy set berbasis sistem Informasi geografis dalam evaluasi Kesesuaian lahan*. *Informatika Pertanian* Vol. 14

- Riadi B., Subagio H. 2013. *Evaluasi Lahan Wilayah Pertanian Kepulauan Maritim Untuk Mendukung Ketahanan Pangan*. Globe journal 15: 12-22.
- Setiawan, M., 2014. *Penginderaan Jauh Untuk Penggunaan Lahan*. (Online). (<http://google.com>), diakses pada 07 Maret 2014.
- Sitanggang G., 2010. *Kajian pemanfaatan satelit masa depan: Sistem penginderaan jauh satelit LDCM (landsat-8)*. Berita Dirgantara Vol. 11 No. 2 Juni 2010:47-58
- Soeroto, Katili J.A., Patty E.J. 1981. *Gerakan Tanah di Indonesia*. Direktorat Jenderal Pertambangan Umum Departemen Pertambangan dan Energi.
- Sudaryanto, Rini, S.M. 2014. *pemanfaatan citra penginderaan jauh dan system informasi geografis untuk kajian perubahan penggunaan lahan di kecamatan umbulharjo kota Yogyakarta*. *Magistra*. 87:
- Suharsono P., 1988. *Identifikasi Bentuk Lahan dan Interpretasi Citra Untuk Geomorfologi (kumpulan bahan kuliah)*. PUSPICS UGM Yogyakarta. *Unpublished*
- Sukojo, B.M., Susilowati, D. 2003. *Penerapan Metode Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis Untuk Analisa Perubahan Penggunaan Lahan (Studi Kasus: Wilayah Kali Surabaya)*. *Makara teknologi*. 7:
- Sutanto, 1994. *Penginderaan Jauh*. jilid I. Gajah Mada University Press s. Yogyakarta.
- Sutikno, Huda M., Sarwondo dan Triyono. 2002. *Sistem Informasi Penanggulangan Bencana Alam Tanah Longsor Kabupaten Kulon Progo*. Simposium Nasional Pencegahan Bencana Alam. Yogyakarta 12 – 13 Maret 2002.
- Sys, C. 1985. *Land Evaluation. Part I, II, and III*. University of Ghent, Ghent.