

APLIKASI PENGINDERAAN JAUH UNTUK IDENTIFIKASI SEBARAN BATUBARA PERMUKAAN DI KABUPATEN MUARA ENIM, SUMATERA SELATAN

Ananda P. Ambodo
npriamas@yahoo.com

Retnadi Heru Jatmiko
retnadi_geougms@yahoo.com

Abstract

Indonesia is an archipelago that has much of natural resources. Looking at future prospects, in the future many companies engaged in the exploration and exploitation of coal. Nowadays with the development of remote sensing science, this study is Landsat 5 TM, can be used as an inexpensive, effective tool to detect and find out the distribution of coal.

Landsat 5 TM remotely sensed data is expected in the study was able to detect the presence of geological structures at the sites. Coal mining activity is strongly influenced by topography and geological factors. These factors can be identified through field observation, remote sensing data and other secondary data such as topographic maps, and geology.

Based on the interpretation of the Landsat 5 TM, it derived a hydrologi map, a landforms map, a geologic structures map, and land use map. From those four maps can be made to be a landunit map which the map is used to check the interpretation with the samples that has been checked in the field. Remote sensing is possible to obtain data faster and cheaper than direct measurement of the field.

Key words: Remote Sensing, Coal, Interpretation, Geological Structure, Topography.

Abstrak

Indonesia merupakan negara kepulauan yang banyak menyimpan sumber daya alam khususnya batubara. Melihat prospek kedepannya, banyak perusahaan-perusahaan yang bergerak di bidang eksplorasi dan eksploitasi batubara. Seiring berkembangnya teknologi penginderaan jauh, maka diharapkan data penginderaan jauh Landsat 5 TM dapat dimanfaatkan sebagai sarana yang murah, efektif untuk pengenalan dan mengetahui sebaran batubara.

Citra penginderaan jauh Landsat 5 TM pada penelitian ini diharapkan mampu mendeteksi adanya struktur geologi di lokasi penelitian. Kegiatan penambangan batubara sangat dipengaruhi oleh faktor topografi dan geologi. Faktor-faktor tersebut dapat dikenali melalui pengamatan lapangan, data penginderaan jauh, peta topografi, dan peta geologi.

Berdasarkan hasil interpretasi pada citra Landsat 5 TM, didapatkan hasil yaitu peta pola aliran, peta bentuklahan, peta struktur geologi, peta penggunaan lahan, dari keempat peta tersebut dibuat peta satuan lahan yang digunakan untuk mengecek hasil interpretasi dengan kenyataan yang ada dilapangan. Penginderaan jauh dimungkinkan memperoleh data lebih cepat dan lebih murah dibandingkan pengukuran langsung dilapangan.

Kata kunci : Penginderaan Jauh, Batubara, Interpretasi, Struktur Geologi, Topografi

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang banyak menyimpan sumber daya alam. Dari catatan sejarah masa lalu dapat diketahui bahwa indikasi endapan mineral telah ditemukan di berbagai daerah di Indonesia. Mineral merupakan salah satu sumber daya alam yang proses pembentukannya memerlukan waktu jutaan tahun dan sifatnya tidak dapat diperbaharui. Mineral memiliki banyak manfaat yaitu sebagai bahan baku industri/produksi yang dalam hal ini mineral lebih di kenal sebagai bahan galian. Melihat prospek kedepannya, pada masa mendatang banyak perusahaan-perusahaan yang bergerak di bidang eksplorasi dan eksploitasi batubara. Informasi penting bagi pengusaha batubara adalah mengetahui lokasi keberadaan dan memahami potensi batubara tersebut. Metode yang digunakan dalam survei mengenai batubara dan unsur-unsur terkait lainnya selama ini adalah metode konvensional, dimana cara yang dilakukan adalah dengan survey langsung ke lapangan atau yang biasa disebut dengan tahap eksplorasi.

Seiring dengan perkembangan dan kemajuan teknologi komputer dan

ilmu pengetahuan, khususnya pada bidang penginderaan jauh sangat diperlukan cara-cara cepat, tepat untuk mendapatkan data permukaan bumi yang semakin kompleks. Salah satunya adalah mengolah data penginderaan jauh satelit secara digital yang memberikan informasi spasial permukaan bumi yang berkualitas. Terkait dengan survei batubara dapat dirumuskan permasalahan yang muncul yaitu, sampai saat ini di Indonesia pada tahapan eksplorasi batubara paling awal, untuk mengidentifikasi daerah-daerah yang secara geologis mengandung endapan batubara, sebagian besar masih menggunakan metode terestris, dimana metode tersebut membutuhkan waktu, tenaga, dan biaya yang cukup besar. Oleh karena itu diperlukan cara cepat dan tepat untuk mengidentifikasi dan mengestimasi potensi batubara dengan menggunakan citra penginderaan jauh dimana metode ini masih memerlukan kajian mendalam untuk mencapai tahap operasional dalam survei batubara.

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengkaji kemampuan data penginderaan jauh untuk menyadap informasi

batuan yang mengandung batubara.

2. Memetakan persebaran batubara permukaan di daerah penelitian.

Batubara berasal dari sisa tumbuhan yang mengalami proses pembusukan, pemadatan yang telah tertimbung oleh lapisan di atasnya, pengawetan sisa-sisa tanaman yang dipengaruhi oleh proses biokimia yaitu perubahan oleh bakteri. Akibat perubahan oleh bakteri tersebut, maka sisa-sisa tumbuhan kemudian terkumpul sebagai suatu masa yang mampat yang disebut gambut (Peatification) terjadi karena akumulasi sisa-sisa tanaman tersimpan dalam kondisi reduksi di daerah rawa dengan system drainase yang buruk yang mengakibatkan selalu tergenang oleh air, yang pada umumnya mempunyai kedalaman 0,5-1,0 meter.

Berdasarkan tempat terbentuknya batubara, maka ada dua teori yang menjelaskan tentang terbentuknya batubara di alam ini yaitu: teori insitu dan teori drift (Krevelan, 1993).

Teori Insitu

Teori insitu menjelaskan bahwa, bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terbentuknya ditempat dimana tumbuh-tumbuhan tersebut mati, namun belum mengalami proses transportasi segera tertutup oleh lapisan sedimen dan mengalami proses coalification.

Teori Drift

Teori ini menjelaskan bahwa, bahan-bahan pembentuk lapisan batubara terjadi di tempat yang berbeda dengan tempat tumbuhan

semula hidup dan berkembang atau lapisan batubara yang terbentuk jauh dari tumbuh-tumbuhan asal itu berada.

Penginderaan Jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu obyek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan obyek, atau fenomena yang dikaji (Lillesand, et.al., 2007).

Sensor TM (Thematic Mapper) merupakan sensor yang dipasang pada satelit Landsat-4 dan Landsat-5. Sistem sensor TM pertama dioperasikan pada tanggal 16 Juli 1982 dan yang kedua pada tanggal 1 Maret 1984. Lebar sapuan (scanning) dari sistem Landsat TM sebesar 185 km, yang direkam pada tujuh saluran panjang gelombang dengan rincian; 3 saluran panjang gelombang tampak, 3 saluran panjang gelombang inframerah dekat, dan 1 saluran panjang gelombang termal (panas). Sensor TM memiliki kemampuan untuk menghasilkan citra multispektral dengan resolusi spasial, spektral dan radiometrik yang lebih tinggi daripada sensor MSS.

Tabel 2.1. Nama dan Panjang Gelombang pada Landsat TM

Saluran	Nama Gelombang	Panjang Gelombang (µm)
1	Biru	0,45 – 0,52
2	Hijau	0,52 – 0,60
3	Merah	0,63 – 0,69
4	Inframerah Dekat	0,76 – 0,90
5	Inframerah Tengah	1,55 – 1,75
6	Inframerah Termal	10,40 – 12,50
7	Inframerah Tengah	2,08 – 2,35

(Sumber : <http://satelit-inderaja.blogspot.com/2010/10/karakteristik-dan-spesifikasi-satelit.html>)

Interpretasi citra merupakan serangkaian kegiatan identifikasi, pengukuran dan penterjemahan data-data pada sebuah atau serangkaian data penginderaan jauh untuk memperoleh informasi yang bermakna. Sebuah data penginderaan jauh dapat diturunkan banyak informasi dari serangkaian proses interpretasi citra ini.

METODE PENELITIAN

Ada 3 tahapan dalam penelitian ini, yaitu tahap pra lapangan, tahap lapangan dan tahap pasca lapangan.

Studi Kepustakaan

Studi pustaka untuk mengumpulkan bahan bacaan yang berhubungan dengan penelitian berupa skripsi, tesis, majalah, jurnal dan buku-buku yang berkaitan dengan parameter-parameter yang digunakan dalam penelitian.

Proses Pengolahan Citra Satelit Landsat 5 TM

Koreksi Geometri

Menurut Mather (1987), koreksi geometri adalah transformasi citra hasil penginderaan jauh sehingga citra tersebut mempunyai sifat-sifat peta dalam bentuk, skala dan proyeksi. Koreksi ini dilakukan karena citra hasil rekaman mempunyai berbagai kesalahan. Ada dua kesalahan geometris yaitu kesalahan sistematik (kecondongan penyiam, kecepatan kaca penyiam, kesalahan panoramik, kecepatan wahana, rotasi bumi dan perspektif) dan kesalahan non sistematik yang disebabkan oleh

variasi ketinggian dan posisi (Lillesand, et.al., 2007).

Koreksi Radiometrik Citra

Koreksi radiometrik citra diperlukan untuk memperbaiki kualitas visual citra sekaligus memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan obyek yang sebenarnya. Beberapa sumber distorsi radiometrik citra pada sensor pasif adalah kondisi atmosfer dan sensor pencahayaan matahari. Koreksi radiometrik dilakukan karena ada kesalahan respon detektor dan kesalahan akibat pengaruh atmosfer, sehingga menjadi penyimpangan pada kualitas visual citra maupun nilai spektral. Kesalahan radiometrik yang ditujukan untuk memperbaiki kualitas visual citra berupa pengisian kembali baris yang kosong karena drop out baris maupun kesalahan awal pelarikan (scanning start). Baris atau bagian baris yang bernilai tidak seharusnya, koreksi kembali dengan mengambil nilai piksel satu baris diatas dan dibawahnya, kemudian dirata-rata (Giundon, 1984 dalam Danoedoro, 1996).

Penajaman Citra

Penajaman citra (image enhancement) meliputi semua operasi yang menghasilkan citra baru dengan kenampakan visual dan karakteristik spektral yang berbeda. Penajaman citra bertujuan untuk peningkatan mutu citra, yaitu menguatkan kontras kenampakan yang tergambar dalam citra digital.

Komposit warna

Penyusunan komposit warna bertujuan untuk mendapatkan gambaran visual yang lebih baik

seperti halnya melihat foto udara inframerah berwarna, sehingga pengamatan obyek, pemilihan sampel dan aspek estetika citra dapat diperbaiki (Danoedoro, 1996).

Interpretasi bentuklahan

Struktur geomorfologi memberikan informasi tentang asal-usul (geneses) dari bentuk lahan. Proses geomorfologi dicerminkan oleh tingkat pentorehan atau pengikisan, sedangkan relief ditentukan oleh perbedaan titik tertinggi dengan titik terendah dan kemiringan lereng. Relief atau kesan topografi memberikan informasi tentang konfigurasi permukaan bentuklahan yang ditentukan oleh morfometrik. Litologi memberikan informasi jenis dan karakteristik batuan serta batuan penyusunnya, yang akan mempengaruhi pembentukan bentuk lahan.

Interpretasi Batuan

Karakteristik citra yang dianalisis dalam interpretasi litologi meliputi karakteristik umum / kunci interpretasi (pola, tekstur, bentuk, dan lokasi topografik) dan karakteristik khusus (morfologi / ekspresi topografi, pola dan kerapatan aliran, serta vegetasi).

Uji Lapangan

Uji lapangan dilakukan selama beberapa waktu yang telah ditentukan. Uji lapangan berupa pengambilan sampel untuk mendapatkan data primer, dilakukan secara purposive sampling dengan daerah yang dipilih adalah daerah yang mewakili masing-masing unit batuan dan batas formasi batuan. Dalam pemilihan di perhatikan pula kemudahan menjangkau lokasi

sampel. Dasar penentuan titik sampel adalah peta hasil interpretasi citra Landsat 5 TM. Hasil verifikasi lapangan digunakan sebagai koreksi dalam penarikan batas formasi batuan dan mengetahui kebenaran hasil interpretasi.

Reinterpretasi dan Uji Ketelitian

Reinterpretasi

digunakan untuk mengoreksi dan memperbaiki hasil interpretasi pada citra yang salah, menguji sejauh mana ketelitian hasil interpretasi citra penginderaan jauh untuk mengetahui keberadaan suatu bahan galian. Dari tiap peta tentatif yang dihasilkan akan dilakukan uji ketelitian, sehingga dapat diketahui sejauh mana keakuratan peneliti dalam melakukan pengenalan obyek.

Analisis Data

Pada tahap ini mengurai seberapa jauh integrasi citra satelit Landsat 5 TM. Lokasi potensi batubara ditentukan melalui analisa hasil pemetaan yaitu hasil interpretasi dilakukan uji ketelitian menggunakan matriks uji ketelitian hasil interpretasi (Sutanto, 1986).

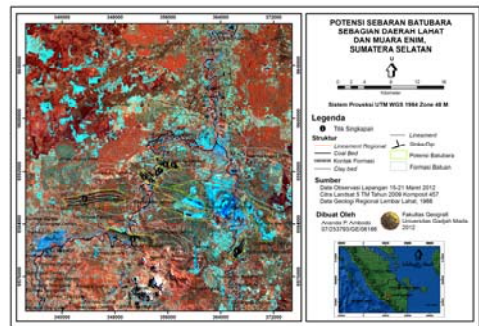
HASIL

Penginderaan Jauh dapat digunakan sebagai sarana dalam membantu proses identifikasi sebaran batubara. Penginderaan jauh sebagai bidang keteknikan dan pengumpulan data menjadi lebih luas penggunaannya dan memberikan hasil yang memuaskan dalam beberapa tahun belakangan ini.

Berdasarkan hasil interpretasi pada citra Landsat 5 TM sebagian daerah Lahat dan Muara

Enim Sumatera Selatan, didapatkan hasil berupa peta pola aliran, peta bentuklahan, peta struktur geologi, peta hasil klasifikasi penutup lahan, dari keempat peta tersebut dapat dibuat peta landunit dimana peta tersebut digunakan untuk mengecek hasil interpretasi dengan kenyataan yang ada dilapangan. Setelah dilakukan pengecekan lapangan maka didapatkan hasil yang lebih akurat pada hasil reinterpretasi. Dalam reinterpretasi, pada peta struktur geologi dilakukan rekonstruksi terhadap struktur geologi dan singkapan batubara yang ada dilapangan. Dalam uji lapangan ini peneliti mendapatkan uji ketelitian sebesar 81,33%. Hasil tersebut sudah merupakan hasil paling baik, karena dalam penelitian seperti ini untuk mendapatkan akurasi 60% dapat dikatakan baik.

Hasil dari penelitian ini berupa peta sebaran batubara di sebagian daerah Lahat dan Muara Enim. Peta tersebut menyajikan lokasi terdapatnya batubara, ditemukan dari singkapan-singkapan yang ada di daerah penelitian. Sehubungan dengan proses pembuatan peta tersebut akan ditentukan beberapa proses yaitu pengolahan data dan uji akurasi. Pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi koreksi pada citra, penajaman citra, pembuatan komposit warna, interpretasi bentuklahan, interpretasi litologi, dan pembuatan kunci interpretasi untuk kemudahan dalam menentukan sebaran batubara.



Analisis Pemanfaatan Citra Satelit Dalam Penentuan Sebaran Batubara.

Citra Satelit yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Landsat 5 TM dengan resolusi spasial 30 m x 30 m. Identifikasi awal daerah yang mengandung batubara dilakukan dengan menginterpretasi citra Landsat 5 TM yang telah melalui tahap-tahap pengolahan. Sebagai dasar dalam melakukan interpretasi adalah unsur-unsur interpretasi citra seperti pola, bentuk, selain itu perlu diperhatikan juga arah patahan, lipatan, dan tekstur. Suatu lokasi yang teridentifikasi mengandung batubara (lapisan batubara) pada citra Landsat 5 TM setelah di filter akan nampak menonjol, berbentuk seperti bukit yang memanjang dan berukuran tidak besar serta memiliki tekstur berupa torehan-torehan atau gerigi yang tidak terlalu lebar. Jika teksturnya halus maka tidak terduga mengandung batubara karena materinya terlalu resisten. Polanya teratur dan biasanya paralel dengan lokasi-lokasi lainnya yang terindikasi mengandung batubara. Setelah dihasilkan beberapa lokasi yang terindikasi batubara selanjutnya dicocokkan secara fisiografis (genes) lokasi tersebut dengan peta geologi yang ada dan peta

geologi hasil interpretasi citra Landsat 5 TM.

Berdasarkan interpretasi awal ditentukan 25 titik sampel yang menyebar di 4 formasi, yaitu formasi Air Benakat, Formasi Muara Enim, Formasi Kasai, Formasi Qa. Saat uji lapangan titik sampel berubah menjadi 37 titik. 12 titik tersebut diperoleh karena pada saat uji lapangan ada beberapa lokasi yang sulit dijangkau sehingga dilakukan penggantian titik lain yang masih mewakili dari titik yang tidak dapat dijangkau. Selain itu, penambahan titik dilakukan karena ditemukannya lokasi baru yang menarik yaitu ditemukannya kontak pertemuan antara dua formasi yaitu formasi Muara Enim dan Air Benakat. Dalam 37 titik sampel tersebut ditemukan 10 titik lokasi tersingkapnya batubara. Masalah yang dihadapi pada saat melakukan interpretasi adalah faktor topografi yang tidak terlalu menonjol. Kondisi tutupan awan tidak terlalu mengganggu karena pada meta data menunjukkan $< 15\%$. Kondisi topografi dan vegetasi atau tutupan lahannya sangat berpengaruh sekali terhadap identifikasi persebaran batubara permukaan.

Evaluasi Manfaat Citra Landsat 5 TM
Evaluasi manfaat citra Landsat 5 TM adalah mengamati nilai uji ketelitian interpretasi ditujukan untuk mengukur keakuratan dan ketelitian hasil pemetaan yang telah dilakukan dengan cara verifikasi lapangan. Penelitian ini dilakukan verifikasi hanya untuk menyesuaikan apakah lokasi-lokasi yang terindikasi mengandung batubara melalui analisa digital data

penginderaan jauh sesuai dengan keadaan sesungguhnya di lapangan. Hasil uji akurasi didapatkan dari hasil interpretasi citra dibandingkan dengan hasil uji lapangan (tabel terlampir). Uji akurasi mendapatkan hasil ketelitian 81,33% dengan asumsi lokasi sampel mewakili seluruh formasi yang ada di Kabupaten Muara Enim dan dibuktikan dengan ada tidaknya batubara pada setiap lokasi titik sampel.

Citra landsat 5 TM cukup baik digunakan dalam penelitian seperti ini. Resolusi 30 m x 30 m pada citra ini mampu mencakup area yang luas dimana kemampuan ini digunakan untuk mengidentifikasi kenampakan-kenampakan morfologi, litologi, dan fenomena geologi. Namun, ada hal penting yang perlu diperhatikan yaitu, Citra landsat 5 TM terdiri dari 7 band dimana pada band-band tersebut julatnya masih terlalu lebar sehingga tingkat kedetilan yang dihasilkan masih jauh dari yang diharapkan.

Metode yang digunakan dalam penelitian secara umum sudah dapat memberikan hasil yang baik. Harus diperhatikan pula bahwa metode yang digunakan ini masih memiliki banyak kekurangan diantaranya peneliti tidak menggunakan klasifikasi multispektral untuk analisis tutupan lahan. Tutupan lahan sangat berpengaruh sekali terhadap sebaran batubara.

Kaitannya adalah dari vegetasi seperti apa yang dapat tumbuh di formasi batuan seperti apa dimana pada formasi tertentu terdapat batubara. Selain itu, penggunaan citra hyperspectral juga sangat disarankan karena pada citra tersebut julatnya

pendek sehingga memungkinkan digunakan untuk mengidentifikasi batubara secara lebih mendetail.

KESIMPULAN

1. Citra landsat 5 TM baik digunakan dalam penelitian seperti ini. Resolusi 30 m x 30 m pada citra ini mampu mencakup area yang luas dimana kemampuan ini digunakan untuk mengidentifikasi kenampakan-kenampakan morfologi, litologi, dan fenomena geologi.
2. Komposit 4,5, dan 7 (false color) mampu menghasilkan variabel-variabel untuk identifikasi batubara.
3. Penginderaan jauh melalui pendekatan interpretasi berupa rona, tekstur, bentuk pola dan asosiasi dapat digunakan untuk mempermudah pengamatan lapangan lebih lanjut sehingga tidak harus meneliti semua area.
4. Daerah penelitian merupakan daerah yang sangat menarik untuk di kaji karena mengalami proses geomorfologi yang sangat kompleks yaitu pada awal pembentukannya terjadi proses vulkanik lalu kemudian proses struktural setelah proses struktural berakhir kemudian ada proses fluvial.
5. Hasil uji akurasi menunjukkan bahwa citra Landsat 5 TM mampu memberikan hasil yang cukup baik yaitu 81,33 %

DAFTAR PUSTAKA

Bemmelen, R.W.V., 1949, *The Geology of Indonesia*, The Hague : Government Printing Office.

Budiadi, Evaristus., 1992. *Studi Geologi dan Bahan Galian Golongan C Daerah Bendungan Borobudur Perbukitan Kulon Progo Berdasarkan Interpretasi Citra SPOT dan Foto Udara*. Tesis. Yogyakarta : Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada.

Danoedoro, P., 1996. *Pengolahan Citra Digital : Teori dan Aplikasinya Dalam Bidang Penginderaan Jauh*. Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta.

Drury, S.A., 1987. *Image Interpretation in Geology*. Department of Earth Sciences. The Open University. Allen & Unwin. London.

Fakultas Teknik ITB, Mata Kuliah Eksplorasi Batubara, Diktat, Teknik Pertambangan ITB, Bandung.

Irawan, F. A., 2010. *Aplikasi Penginderaan Jauh Untuk Interpretasi Dan Estimasi Potensi Sumberdaya Batubara : Studi Kasus di Kecamatan Gunung Bintang Awai, Kabupaten Barito Selatan, Provinsi Kalimantan tengah*. Tesis.Yogyakarta : Program Pasca Sarjana UGM.

Jensen, J.R., 1996. *Introductory digital Image Processing : a remote sensing perspective*, 2nd ed. Prentice-Hall, Inc, New Jersey.

Kristianti, Endah., 2004. *Identifikasi Struktur Geologi Menggunakan Citra Landsat 7 ETM+ Studi di Daerah Kabupaten Sragen dan Sekitarnya, Provinsi Jawa Tengah*. Skripsi. Yogyakarta : Fakultas Geografi UGM.

- Lillesand T.M., Kiefer, R.W., 2007. Remote Sensing And Image Interpretation, 6th Edition, Jhon Wiley & Sons Inc, New York.
- Molidena, E., 2009. Rekomendasi Lokasi Tambang Bahan Galian Golongan B Khususnya Emas dan Tembaga Dengan Memanfaatkan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi di Kecamatan Selogiri Wonogiri, Kecamatan Bulu, Sukoharjo dan Sekitarnya. Skripsi. Yogyakarta : Fakultas Geografi UGM.
- Prakash, A. and Gupta, R.P., 1997. Landuse Mapping and Chance Detection in A Coal Mining Area, Case Study in The Jharia Coalfield, India. International Journal of Remote Sensing, 1998, vol. 19, no. 3, pp.391-410.
- Sarapirome, S., A. Surinkum, P. Susutthipong, 2002. Aplication of DEM Data to Geological Interpretation : Thong pha Phum Area, Thailand, 23nd Asian Conference on Remote Sensing. November 25-29. Birenda International Convention Centre. Khatmandu, Nepal.
- Setyanto, H., 2005. Pembuatan kunci Interpretasi Tambang Batubara Permukaan Pada Citra Landsat 7 ETM +, Tesis. Yogyakarta. Program Pasca Sarjana Fakultas Geografi UGM.
- Soetikno, 1977. Interpretasi Foto Udara “Geologi”. Diktat Kuliah Pusat Pendidikan Interpretasi Foto Udara, Pasca Sarjana Angkatan II. Fakultas Geografi, UGM. Yogyakarta.
- , 1983. Interpretasi Foto Udara “Geologi”. Diktat Kuliah fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Soetoto, 2000. Interpretasi Citra Untuk Survey Geologi. Pelatihan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Untuk Sumberdaya. Kerjasama PUSPICS Fakultas Geografi UGM dengan Bakosurtanal.
- Sudrajat, 1990. Petunjuk dalam Penafsiran Geologi Potret Udara. Diktat Kuliah. Pusat Pendidikan Interpretasi Udara, Pasca Sarjana Angkatan II. Fakultas Geografi, UGM. Yogyakarta.
- Suharyadi, 2006. Pengantar Geologi Teknik (Edisi 5). Biro Penerbit. Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sukandarrumidi, 1995. Batubara dan Gambut, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Susantoro, T.M., 2009. Optimalisasi Data Landsat 7 ETM +dan SRTM untuk Revisi Peta Geologi Lembar Bojonegoro, Tesis. Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sutanto, 1986. Penginderaan Jauh Jilid I. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- , 1987. Penginderaan Jauh Jilid II. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Verstappen, H.Th., 1977. Remote Sensing In Geomorphology. International Institute of Aerial Survey and Earth Science (ITC) Elsevier Scientific Publishing Company. Anchade, The Netherlands.

Zuidam, R.A.Van dan F.I. Van Zuidam-Cancelado, 1979. ITC Textbook of Photo Interpretation Chapter VII-2 : ITC System Geomorphological Survey. Netherlands : ITC

Zuidam, R.A.Van dan F.I. Van Zuidam-Cancelado, 1979. ITC Textbook of Photo Interpretation Chapter VII-6 : Terrain Analysis and Clasification Using Aerial Photograph. Netherlands : ITC

www.dspace.ipk.lipi.go.id/dspace/bitstream/123456789/199/1/MODUL2.pdf
Situs Resmi LIPI- Indonesia

<http://satelit-inderaja.blogspot.com/2010/10/karakteristik-dan-spesifikasi-satelit.html>
Situs Tentang Penginderaan Jauh Sistem Landsat

<http://www.ersdac.or.jp/GDEM/E/index.html>
Situs Resmi ASTER GDEM 2