

INVENTARISASI TUTUPAN LAHAN MENGGUNAKAN SATELIT PENGINDERAAN JAUH ALOS DENGAN METODE KLASIFIKASI TETANGGA TERDEKAT STUDY KASUS: JAWA BARAT

Muchlisin Arief, Orbita Roswintiarti, Atriyon Julzarika,
Siti Hawariyyah, Teguh Prayogo

Peneliti Pusat Pengembangan Pemanfaatan dan Teknologi Penginderaan Jauh, LAPAN
Alamat Email muchlisin.arief@yahoo.com

ABSTRACT

In the concept of conventional remote sensing supervised classification, the relationship between the trained information and the classification result is one pixel belongs to one class. The existence of mixed class can not be accepted due to the it assumption that had been taken during the classification and during the determination of pixel membership. The algorithm of classification using *definens* software with based on nearest neighborhood method consist of: 1) image segmentation; 2) defined of class/objects, 3). training area; 4) classification using the decision of nearest neighborhood. One of the limitation of the training area process is the decrease of the image accuracy. So that, the classification analisis using ALOS Image at May 10st, 2007 in West Java Province stands for : man made object area is 38.077,46 ha, the open field is about 29,23.06 ha, water body is 13,985.47 ha, while the sparsely and dense vegetation are 42988.47 ha and 70821.76 Ha respectively.

Key words: *Classification, Supervised, Segmentation, ALOS Image, Nearest neighborhood*

ABSTRAK

Konsep klasifikasi terbimbing/supervised penginderaan jauh konvensional adalah relasi (bukan fungsi) antara informasi terlatih dengan hasil klasifikasi. Proses tersebut mengelompokkan satu pixel ke dalam pixel sejenisnya. Algoritma dari klasifikasi menggunakan *software definens* yang didasarkan pada metode pengambilan keputusan tetangga terdekat yang terdiri dari: 1). Segmentasi citra 2). Mendefinisikan kelas/objek; 3). *Training area* 4). Melakukan klasifikasi dengan menggunakan metode tetangga terdekat. Salah satu kelemahan dari penentuan training area adalah menurunnya tingkat ketelitian citra, Oleh karena itu, dalam analisa klasifikasi dengan menggunakan citra ALOS tertanggal 10-Mei 2007 di Provinsi Jawa Barat, hanya dipisahkan menjadi beberapa kelas/objek, antara lain: *man made object* seluas 38.077,46 ha, lahan terbuka seluas 29.236,06 ha, tubuh air seluas 13.985,47 ha, sedangkan vegetasi jarang dan rapat masing-masing seluas 42,988,47 ha dan 70.821,76 Ha.

Kata kunci: *Klasifikasi, Terbimbing, Segmentasi, Citra ALOS, Tetangga terdekat*

1 PENDAHULUAN

Penginderaan jauh meliputi seluruh teknik yang berkaitan dengan analisis dan pemanfaatan data dari satelit lingkungan dan sumber daya alam, serta dari foto udara. Penginderaan jauh merupakan ilmu yang menurunkan

informasi tentang objek dari pengukuran yang dilakukan pada suatu jarak tertentu dari objek (Lillesand dan Kiefer, 1994; Mather 1999, Jensen, 2000). Penginderaan Jauh adalah ilmu untuk menggali informasi dari gambar-gambar tersebut. Citra-citra satelit Landsat

Thematic Mapper (TM) dan Enhanced Thematic Mapper (ETM+) dan MSS, SPOT secara luas digunakan untuk menurunkan informasi tentang permukaan Bumi. Selain itu, ketersediaan operasional citra satelit resolusi tinggi, (yaitu Quickbird, IKONOS), membuka kemungkinan baru untuk menyelidiki dan melakukan pemantauan sumber daya alam. Jika data penginderaan jauh satelit dibandingkan dengan teknik survei tradisional maka data satelit penginderaan jauh mempunyai beberapa keunggulan antara lain, ketelitian yang lebih baik, tepat waktu dan biaya jauh lebih hemat. Data ini menawarkan sejumlah keuntungan, antara lain:

- Menyediakan cakupan sinoptik dan karenanya memberikan pandangan daerah yang luas pada waktu yang sama.
- Gambar dapat diperoleh untuk daerah yang sama pada tingkat pengulangan yang tinggi (dua sampai tiga kali sebulan), sehingga memungkinkan pemilihan data musiman yang paling sesuai.
- Citra satelit direkam dalam berbagai panjang gelombang, baik gelombang tampak maupun tidak tampak, memberikan informasi yang akurat tentang kondisi permukaan.
- Citra-citra tersebut dapat diperoleh untuk setiap bagian bumi tanpa menghadapi pembatasan administratif.

Satelit Jepang *Advanced Land Observation Satellite* (ALOS) yang diluncurkan pada tahun 2006, mempunyai tiga buah sensor salah satunya adalah sensor AVNIR-2. Sensor tersebut mempunyai 4 band *spectral* dari *visible* sampai dengan inframerah dekat dengan resolusi spasial masing-masing 10 meter.

Pengolahan klasifikasi atau ekstraksi penutup lahan dari data penginderaan jauh dapat dilakukan

dengan beberapa cara, antara lain cara analog (interpretasi visual) yaitu digitasi citra secara manual (digitasi *on-screen*) dan cara digital (klasifikasi otomatis). Walaupun metode pengolahan klasifikasi digital sudah berkembang cukup lama (sejak tahun 70), akan tetapi sampai saat ini pembuatan informasi spasial penutup lahan yang didasarkan pada data penginderaan masih banyak dilakukan dengan menggunakan metode interpretasi visual atau *on screen digitation*. Hal ini disebabkan beberapa faktor, antara lain: 1) objek yang akan diklasifikasi berada di atas permukaan Bumi, 2) objek sudah terlihat jelas dan mudah dipisahkan, 3) kadang-kadang terdapat beberapa objek yang berbeda pada tingkat keabuan yang sama. Di sisi lain interpretasi visual memiliki kelemahan yaitu, waktu pengerjaan yang lama (Wirawan dan Maulia, 2008), tingkat akurasi informasi yang dihasilkan banyak dipengaruhi oleh keterampilan pelaksana digitasi, serta subjektivitas dalam menentukan kelas sangat tinggi. Oleh karenanya perlu dilakukan kajian dan pengembangan metode pengolahan data penginderaan jauh lain yang dapat meningkatkan akurasi dan dengan waktu pengerjaan yang lebih cepat sekaligus berlaku standar untuk setiap citra.

Secara populer klasifikasi dikenal sebagai teknik *extraction* informasi dalam ruang citra penginderaan jauh satelit digital. Menurut istilah *classification units* didefinisikan sebagai segmentasi citra yang pengambilan keputusannya didasarkan pada klasifikasi (khususnya perhitungan jarak baik terdekat maupun terjauh). Unit klasifikasi dapat berupa pixel (satuan ukuran citra terkecil), kumpulan dari pixel-pixel tetangganya/terdekat (*neighborhood*), atau seluruh citra. Teknik klasifikasi multispektral yang konvensional melakukan peng-

kelasannya didasarkan pada *signature spectral* dari unit klasifikasi. Sedangkan klasifikasi kontekstual merujuk pada penggunaan spasial temporal dan informasi lainnya.

Penelitian ini bertujuan untuk menyediakan data dan informasi yang dapat digunakan sebagai bagian dari dokumen perencanaan pembangunan di Kabupaten Karawang, Subang dan Purwakarta, serta menganalisis potensi, jenis dan sebaran beberapa sumber daya alam yang ada di tiga Kabupaten tersebut. Sasaran kegiatan ini adalah tersedianya informasi potensi berbagai sumber daya alam di Kabupaten Karawang, Subang, dan Purwakarta.

2 STUDI PUSTAKA

2.1 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan upaya mengetahui sesuatu objek dengan cara membangun suatu relasi antara alat pengindera atau sensor dengan sifat fisik objek yang diinderanya. Energi tersebut adalah energi sinar matahari yang dipantulkan oleh objek. Di samping itu, ada sumber gelombang elektromagnetik lainnya adalah dari objek/benda itu sendiri, dimana setiap benda akan mengemisikan gelombang elektromagnetik sesuai dengan temperatur benda tersebut. Energi yang dipancarkan dari objek dapat direkam dengan sensor yang dipasang jauh dari objeknya. Penginderaan objek tersebut menggunakan spektrum inframerah termal (Paine, 1981 dalam Sutanto, 1994). Dengan demikian, Satelit penginderaan jauh memungkinkan untuk memonitor daerah yang sulit dijangkau dengan metode dan wahana yang lain.

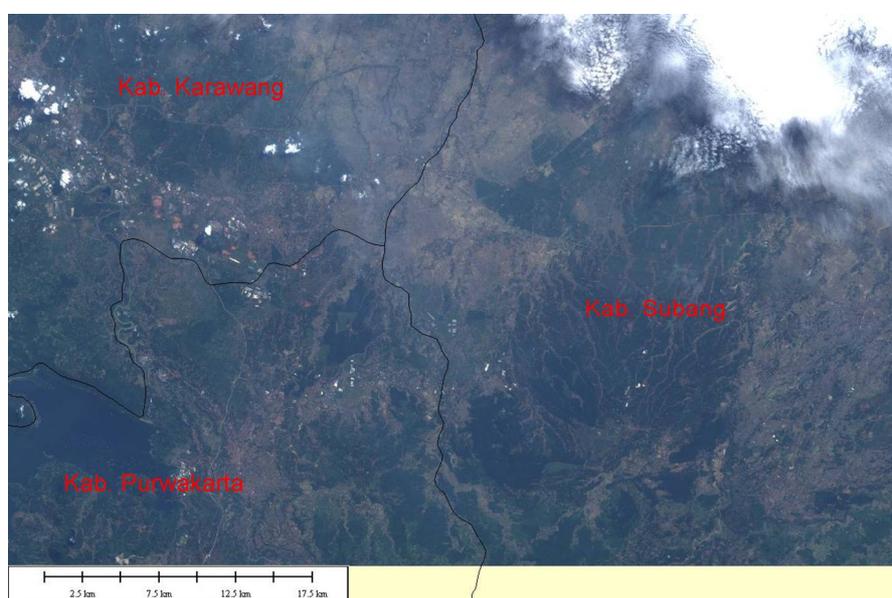
Satelit dengan orbit tertentu dapat memonitor seluruh permukaan bumi dan datanya dapat dipancarkan ke seluruh *ground station* (stasiun penerima data) yang ada di permukaan Bumi. Data satelit yang diterima mempunyai beberapa sifat/karakteristik tertentu

antara lain: 1) Resolusi spektral dari suatu sensor adalah banyaknya saluran yang dapat diserap oleh sensor. Semakin banyak saluran yang dapat diserap maka resolusi spektralnya semakin tinggi. Resolusi spektral ini berkaitan langsung dengan kemampuan sensor untuk dapat mengidentifikasi objek; 2) *Resolusi spasial* suatu sensor indera adalah ukuran kemampuan sensor tersebut untuk dapat membedakan dua objek yang jaraknya berdekatan atau jarak minimum antar dua objek yang masih dapat dibedakan, dengan kata lain objek-objek yang berjarak lebih kecil dari resolusi spasial akan tampak sebagai objek tunggal pada citra; 3) *Resolusi temporal* suatu sensor adalah kemampuan sensor untuk mendeteksi daerah yang sama pada perolehan data berikutnya. Resolusi temporal berkaitan langsung dengan waktu pengulangan satelit melewati daerah yang sama. Satelit *Advanced Land Observation Satellite* (ALOS) adalah satelit Jepang yang telah diluncurkan pada 24 Januari 2006 dari Tanegashima Space Center Jepang. Satelit tersebut dilengkapi dengan tiga sensor penginderaan jauh yaitu : sensor *Panchromatic Remote Sensing Instrument for Stereo Mapping* (PRISM), *Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type-2* (AVNIR-2) dan *Phased Array Type L-Band Synthetic Aperture Radar* (PALSAR). Sensor Palsar mempunyai resolusi spasial 10 meter sampai dengan 100 meter dengan frekuensi 1.3 GHz. Sensor Palsar dapat digunakan pada siang dan malam hari serta dapat melakukan observasi permukaan bumi dan dapat digunakan untuk pemetaan skala 1:25.000. Satelit ALOS beredar mengitari Bumi pada ketinggian 691.5 kilometer. Satelit ini mengamati daerah yang sama dalam selang waktu 46 hari.

Sedangkan citra ALOS yang digunakan dalam penelitian ini adalah AVNIR-2 yang diambil pada tanggal 10 Mei 2007 dapat dilihat pada Gambar 2-1.

Tabel 2-1: KARAKTERISTIK BAND DARI SENSOR AVNIR-2 SATELIT ALOS

Band	Wavelength Region (μm)	Resolution (m)	Kegunaan
1	0.42-0.50 (blue)	10	Tanggap peningkatan penetrasi tubuh air serta mendukung analisis sifat khas lahan, tanah, vegetasi
2	0.52-0.60 (green)	10	Mengindera puncak pantulan vegetasi serta menekankan perbedaan vegetasi dan nilai kesuburan
3	0.61-0.69 (red)	10	Untuk memisahkan vegetasi melalui daya serapan klorofil dan memperkuat kontras vegetasi dan bukan vegetasi
4	0.76-0.89 (near-IR)	10	Tanggap biomasa vegetasi dan untuk mengidentifikasi tipe vegetasi serta memperkuat kontras tanah - tanaman dan lahan - air
PAN	0.52-0.77	2.5	



Gambar 2-1: Integrasi batas administrasi Kabupaten dengan Citra Satelit ALOS (kombinasi band321) tanggal 10 Mei 2007

2.2 Klasifikasi Dengan Metode Tetangga Terdekat

Sebagaimana diterangkan di atas bahwa teknik klasifikasi digital telah berkembang sejak tahun 70-an. Secara umum prosedur klasifikasi terdiri dari: 1) Penentuan informasi objek yang terkandung di citra (biasanya informasi yang terdapat pada citra antara lain: pemukiman, vegetasi, hutan dan sebagainya); 2) *preprocessing* citra, yang terdiri dari koreksi radiometrik, atmosferik, geometrik dan sebagainya;

3) klasifikasi citra yang terdiri dari *supervised mode* (mode terpimpin), menggunakan *training signature* dan *unsupervised mode* (mode tak terpimpin), menggunakan *image clustering* and *cluster grouping*; 4) *post-processing*, pengelompokan objek biasanya menggunakan *filtering and classification decoration*.

Dalam *software definiens*, klasifikasi citra penginderaan jauh dilakukan dengan mengadopsi pendekatan proses segmentasi, yaitu dilakukan segmentasi

objek pada citra penginderaan jauh terlebih dahulu, kemudian dilakukan klasifikasi melalui pendekatan *statistical properties*. Algoritma segmentasi digunakan dalam berbagai studi yang bertujuan untuk membagi citra ke dalam beberapa elemen yang disebut *region* kemudian dilakukan klasifikasi menggunakan aturan-aturan yang ada seperti *maximum likelihood* (a. I. Ryherd and Woodcock, 1996; Lobo et al., 1996; Lobo, 1997; Karimi et al., 1999; Zhang, 2000) telah melakukan ekstraksi secara otomatis *feature man-made* objek pada wilayah pemukiman.

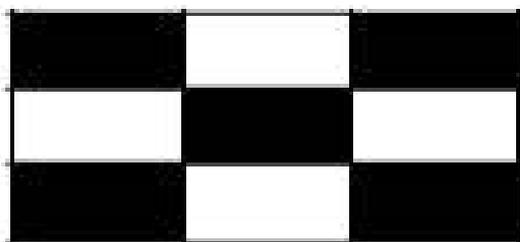
Klasifikasi dengan pengambilan keputusan tetangga terdekat (*Nearest neighbourhood*) termasuk metode klasifikasi terbimbing (*supervised learning/classification*), artinya sifat hubungan antara informasi terbimbing/terlatih dan hasil klasifikasi adalah satu pixel satu kelas. Dengan demikian, hasil klasifikasi sangat ditentukan oleh ketelitian operator pada saat menentukan *training sample/area*. Prinsip dari metode klasifikasi *nearest neighbor*, menggunakan *software definiens* atau *E-cognition* dengan menggunakan formula tetangga terdekat (*nearest neighborhood*) sebagai berikut:

- Segmentasi citra yaitu *subdivision*/ membagi citra ke dalam beberapa region yang terpisah dengan parameter:
 - a) scale untuk menentukan besarnya

objek segmentasi; b) *shape* untuk menentukan bentuk dari segmentasi; c) *compactness* untuk menentukan kekompakan dari setiap *region* atau standard deviasi dari setiap *layer* dari n objek yang membentuk *region* tertentu.

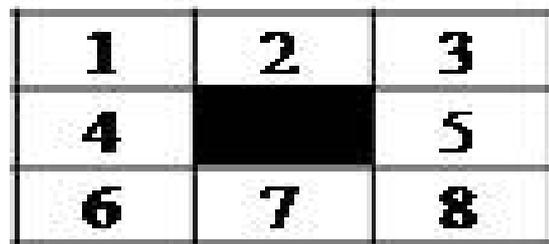
- Mendefinisikan kelas/objek antara lain: vegetasi, industri, pemukiman dsb.
- Training area untuk menentukan segmen/*elemen* sesuai dengan objek yang telah ditentukan secara bersamaan menentukan standar deviasi dan sebaran digital number dari masing-masing objek untuk setiap *band/layer*.
- Melakukan klasifikasi dengan menggunakan metode tetangga terdekat.

Metode tetangga terdekat yang digunakan dalam *software Definiens* adalah : 1) 4 (empat) tetangga terdekat (*4 plane neighborhood*) artinya pixel-pixel dan objek hanya didefinisikan sebagai tetangga jika saling berhubungan secara diagonal (Gambar 2-2a); 2) 8 (delapan) tetangga terdekat (*8 diagonal neighborhood*) artinya pixel-pixel dan objek hanya didefinisikan tetangga jika saling berhubungan baik secara horizontal, vertikal maupun diagonal. (Gambar 2-2b).



(a)

4 plane neighborhood



(b)

8 diagonal neighborhood

Gambar 2-2: Contoh *plane neighborhood* yang digunakan pada *software definiens*.

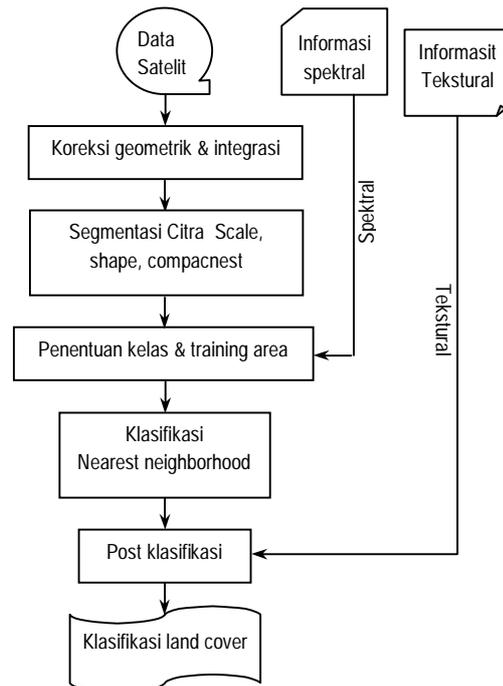
3 METODOLOGI

Proses ekstraksi informasi data ALOS wilayah Purwakarta menggunakan *software definiens* dapat dilihat pada Gambar 3-1. Pemrosesan citra dimulai dengan koreksi geometrik agar citra sesuai dengan pembaringan peta *Universal Transfert Mercator* (arah utara-selatan), dilanjutkan dengan integrasinya baik antar citra (*mozaic*) ataupun antara citra dengan informasi spasial lainnya seperti batas wilayah/administrasi atau lainnya (Gambar 2-1).

Tahapan berikutnya adalah melakukan segmentasi citra. Pemrosesan segmentasi citra dilakukan berulang kali dengan cara merubah nilai dari variabel (*scale*, *shape* dan *compactness*) hingga menghasilkan region yang sesuai (Gambar 3-1a, Gambar 3-1b). Pada Gambar 3-1a terlihat region yang terbentuk dengan skala 100 lebih kecil dari pada region yang terbentuk dengan skala 200. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa skala sangat menentukan besar kecilnya region segmentasi. Pada proses Segmentasi citra ini ditentukan skala 10, *shape* = 0.1, *compactness* = 0.5. Kemudian dilakukan penentuan kelas, dilanjutkan dengan pengambilan sampel kelas (*training area*) untuk masing-masing kelas. Pada proses ini dilakukan perhitungan rata-rata (*mean*) dan standar deviasi untuk masing-masing *band spectral* yang terdapat pada citra satelit.

Dalam kasus citra satelit ALOS dilakukan untuk 4 band (band 1, 2, 3 dan 4).

Setelah proses pengambilan sampel (*training area*) selesai, kemudian dilakukan proses klasifikasi/pengelompokan objek dengan metode *neares neighborhood* (metode tetangga terdekat). Artinya setiap pixel dihitung jaraknya terhadap nilai rata-rata (*mean*) dari *training area*, lalu pengelompokan pixel ke dalam kelas tertentu ditentukan apabila jaraknya paling minimum.



Gambar 3-1: Skema umum pemrosesan citra ALOS dengan menggunakan *software definiens* untuk wilayah Kabupaten Purwakarta dan sekitarnya



(a)

Citra segmentasi dengan skala 100, *shape* 0.1 dan *compactness* 0.5



(b)

Citra segmentasi dengan skala 200, *shape*=0.1 dan *compactness* 0.5

Gambar 3-2: Hasil segmentasi citra ALOS dengan nilai *shape* dan *compactness* sama tetapi skala berbeda skala =100 (a) dan skala =200 (b)

4 HASIL DAN ANALISA

Sebagaimana diterangkan di atas, bahwa penelitian ini hanya menggunakan satu data ALOS tanggal 10 Mei 2007. Karena hanya menggunakan satu data, agak sulit memisahkan objek secara mendetail, apalagi memisahkan objek berdasarkan kegunaannya (seperti sawah, atau hutan lindung dan sebagainya). Berdasarkan pengamatan tingkat keabuan (*gray level*) dari masing-masing objek seperti vegetasi, lahan terbuka hampir mempunyai kemiripan. Sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 4-1.

Tabel 4-1 menunjukkan bahwa objek vegetasi mempunyai beberapa jenis. Antara vegetasi yang satu dengan lainnya mempunyai kemiripan nilai spektral (nilai rata-rata dan standar deviasi antara vegetasi jarang dengan vegetasi lebat), sangat berdekatan dan kalau dilihat standar deviasinya kedua objek tersebut saling *overlapping* (bertindihan). Begitu pula antara lahan pemukiman (*man made object*) dengan lahan terbuka, saling *overlapping* satu dengan yang lainnya. Akan tetapi, dalam pengelompokan/pengkelasan ini terjadi sifat hubungan antara informasi terbimbing dengan pixel di citra, yaitu hubungan satu pixel satu kelas, sehingga tidak dikenal hubungan satu pixel dikelaskan lebih dari satu kelas (tidak dikenal kelas campuran). Dalam tahap penentuan kelas/training area

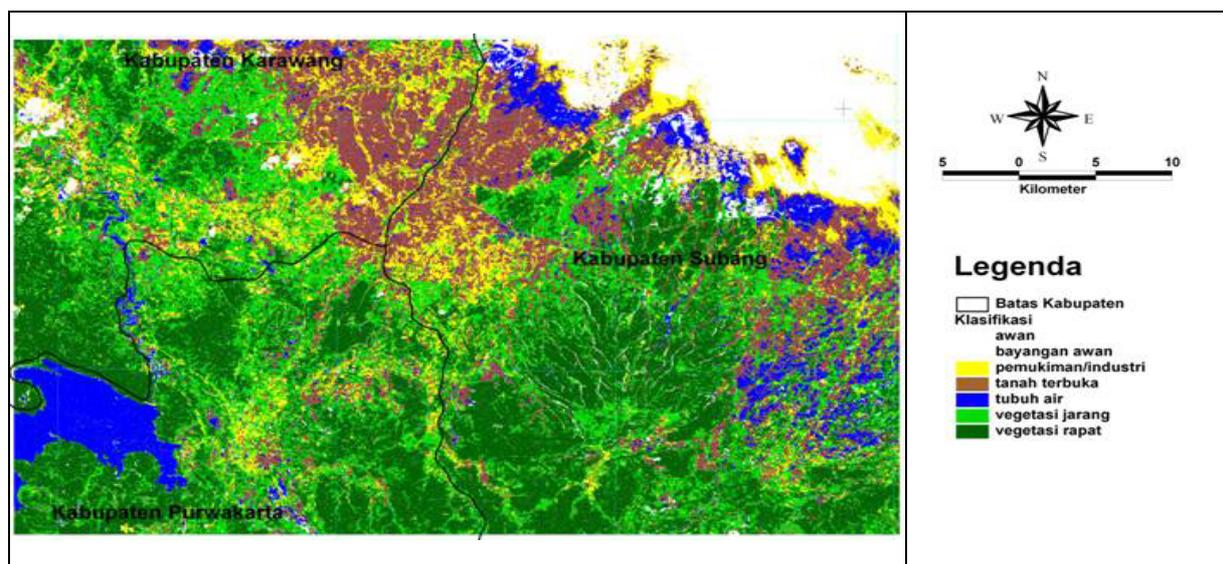
ini, tentu terjadi penurunan informasi atau menurunnya tingkat ketelitian yang merupakan salah satu kelemahan dalam ekstraksi informasi. Oleh karena itu, objek dapat dipisahkan pada citra satelit ALOS tanggal 10 Mei 2007, antara lain: bangunan (*man made objects*), lahan terbuka, vegetasi, awan dan bayangannya serta air. Sedangkan objek sawah yang biasanya tampak pada citra, untuk kali ini tidak tampak secara teksturalnya.

Gambar 4-1 menunjukkan hasil klasifikasi *supervised* dengan metode *nearest neighborhood*, dengan warna putih adalah awan, warna kuning adalah pemukiman/pabrik (*man made object*), warna biru adalah tubuh air dan warna coklat adalah tanah terbuka, sedangkan warna hijau tua dan hijau muda berturut-turut adalah vegetasi rapat dan vegetasi jarang.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa, luas pemukiman/pabrik /*man made objects* adalah 38.077,46 ha, lahan terbuka adalah 29.236,06 ha, tubuh air adalah 13.985,47 ha, sedangkan luas tanah bervegetasi jarang dan rapat masing-masing adalah 42.988,47 ha dan 70.821,76 ha. Pada citra yang digunakan, terdapat area yang tertutup awan seluas 9.238,36 ha dan bayangannya seluas awan 8194.62 ha, dengan demikian luas total keseluruhannya adalah 212.542,2 ha.

Tabel 4-1: NILAI RATA-RATA DAN STANDART DEVIASI DARI OBJEK TRAINING AREA

Objek	Mean/stand Deviasi (B1)	Mean/Stand Deviasi (B2)	Mean/Stand Deviasi (B3)	Mean/Stand Deviasi (B4)
Vegtasi	103.2	71.2	46.7	70.8
Vegetasi -2	99.2/1.87	69.7/0.71	45.2/0.75	67.6/1.62
Vegetasi jarang	103.4/1.87	84.8/0.75	56.7/0.71	113.5/1.62
Vegetasi jarang-2	103.4/1.87	84.8/6.8	56.7/5.08	113.5/20.93
Lahan terbuka	105.1	94.7	85.6	47.8
Lahan terbuka- 2	107.9	105.4	100.5	54.1
Pemukiman	109.3	88.3	87.0	60.3
Pemukiman -2	111.2/1.29	93.3/2.01	99.9/4.22	59.2/0.9



Gambar 4-1: Citra ALOS hasil dari klasifikasi dengan metode *nearest neighborhood*

5 KESIMPULAN

Klasifikasi terbimbing atau *supervised learning/classification* dengan pengambilan keputusan tetangga terdekat (*nearest neighborhood*) adalah teknik yang telah banyak digunakan dalam *remote sensing* untuk pengelompokan tematik. Metode ini mempunyai beberapa keunggulan yaitu : prosesnya cepat, memudahkan pengguna/user dalam menginterpretasi citra. Metode ini juga mempunyai keterbatasan yaitu: menurunkan ketelitian citra. Klasifikasi ini diaplikasikan dengan menggunakan *software definians* yang mempunyai beberapa keunggulan yaitu: setiap segmen pasti mempunyai kelas yang sama, dan proses perhitungannya relatif lebih cepat jika dibandingkan dengan menggunakan *software* lainnya (*software imagine*).

Berdasarkan hasil perhitungan, penutup lahan (*land cover*) yang dapat diidentifikasi dari data satelit ALOS tertanggal 10 Mei 2007 yaitu: *man made object* seluas 38.077.46 ha, lahan terbuka seluas 29.236.06 ha, tubuh air seluas 13.985.47 ha, sedangkan vegetasi jarang dan rapat berturut-turut seluas 42.988.47 ha dan 70.821.76 Ha.

DAFTAR RUJUKAN

- Jensen J. R., 2000. *Remote Sensing of Environmental Earth Resources Perspective*. Prince Hall –New-Jersey.
- Karimi, H. A., X. Dai, S. Khoram, A. J. Khattak, and J. E. Hummer, 1999. *Techniques for Automatic Extraction of Roadway Inventory Features from High-resolution Satellite Imagery*. *Geocarto International*, 14 (2): 5-16.
- Lillesand, T. and Kiefer, R., 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation*. 3rd edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Lobo, A., 1997. *Image Segmentation and Discriminant Analysis for the Identification of Land Cover Units in Ecology*. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 35 (5): 1136-1145.
- Lobo, A., O. Chic, and A. Casterad, 1996. *Classification of Mediterranean Crops with Multisensor Data: Per-Pixel Versus Per-object Statistics and Image Segmentation*. *International Journal of Remote Sensing*, 17 (12): 2385-2400.

- Mather, P., 1999. *Computer Processing of Remotely-Sensed Images*, second edition, John Wiley, Chichester, UK.
- Ryherd, S., and C. Woodcock, 1996. *Combining Spectral and Texture Data in The Segmentation of Remotely Sensed Images*. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 62 (2): 181-194.
- Sutanto, 1994. *Penginderaan Jauh, jilid 1*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Wirawan, B.A. dan Maulia, N., 2008. *Segmentasi Warna Vs Segmentasi Tekstur Alternatif Ekstraksi Informasi Objek pada Citra Resolusi Tinggi*. MAPIN. Bandung.
- Zhang, Y., 2000. *A method for Continuous Extraction of Multispectrally Classified Urban Rivers*. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 66 (8): 991-999.