

ANALISIS PERUBAHAN KAWASAN TERBANGUN KOTA SURABAYA BERDASARKAN METODE MULTI TEMPORAL CITRA LANDSAT THEMATIC MAPPER

Oleh :
Nurdin*
Bangun Muljo Sukojo**

* Staf Pengajar Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Riau.

** Staf Pengajar Teknik Geodesi FTSP ITS Surabaya

INTISARI

Perkembangan kawasan terbangun yang objektif dalam wilayah perkotaan dengan pengukuran secara langsung di lapangan akan mendapatkan banyak kesulitan, membutuhkan waktu panjang dan memerlukan biaya yang besar. Untuk itu diperlukan suatu cara yang lebih praktis, lebih murah, sehingga tingkat perkembangan kawasan terbangun dapat terdeteksi.

Teknik penginderaan jauh berdasarkan data citra Landsat TM multi temporal adalah salah satu cara yang dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi terjadinya perubahan kawasan terbangun pada periode tertentu, di antaranya perubahan kawasan terbangun kota Surabaya dari tahun 1993 sampai dengan tahun 1999.

Cakupan wilayah penelitian pada citra Landsat TM, berpedoman dari hasil digitasi peta rupabumi Kota Surabaya tahun 1999. Untuk mendapatkan citra yang mempunyai sistem koordinat, dilakukan koreksi geometrik dengan bantuan titik kontrol di darat. Dari pembuatan contoh latihan citra Landsat TM tahun 1993 dan tahun 1999 diklasifikasi dengan jenis klasifikasi terbimbing. Untuk meyakinkan kebenaran hasil klasifikasi itu, dilakukan pengecekan langsung di lapangan. Perubahan yang terjadi pada kawasan terbangun, didapat dari proses tumpang susun antara citra Landsat TM hasil klasifikasi tahun 1993 dan tahun 1999.

Perubahan Kawasan terbangun dari tahun 1993 dan 1999 di Kota Surabaya, adalah seluas 2.822,487 hektar (6,844 %) dengan pertumbuhan rata-rata sebesar 1,141 % pertahun.

Kata kunci : Penginderaan Jauh, Citra Landsat TM, klasifikasi terbimbing, tumpang susun, perubahan kawasan terbangun

PENDAHULUAN

Di dalam mengetahui besarnya perkembangan kawasan terbangun yang terjadi di Kota Surabaya melalui pengukuran secara langsung tentu saja akan memerlukan biaya yang sangat besar dan memakan waktu yang lama. Salah satu cara yang praktis dalam menentukan perkembangan perubahan tutupan lahan tersebut dilakukan dengan aplikasi teknik inderaja.

Di antara teknik inderaja yang diaplikasikan adalah pemanfaatan hasil rekaman yang terdapat pada data citra Landsat Thematic Mapper (Landsat TM). Hal ini dilakukan berdasarkan pertimbangan bahwa citra Landsat TM mempunyai resolusi spasial 30 m, artinya dengan pemanfaatan data citra Landsat TM ini dimungkinkan dapat menghitung luasan dalam jumlah yang relatif kecil.

Berdasarkan resolusi yang dimiliki citra Landsat TM ini akan menimbulkan pertanyaan, seberapa besarkah kemampuan citra Landsat TM dapat diaplikasikan dalam memperoleh informasi data tentang kenampakan objek di permukaan bumi dalam wilayah perkotaan. Melalui proses klasifikasi apakah citra Landsat TM ini dapat mendeteksi tingkat perubahan kawasan terbangun dalam periode tertentu, di wilayah perkotaan dalam areal penelitian ini.

Dalam mendeteksi perubahan fungsi tutupan lahan di wilayah Kota Surabaya, sebagai sumber informasi adalah citra Landsat TM tahun 1993 dan tahun 1999 pada kolom (*path*) 118 dan lajur (*row*) 65 dari peta liputan Landsat-5. Identifikasi objek dibantu oleh peta Tata guna lahan dan cek lapangan. Saluran yang digunakan pada citra Landsat TM tahun 1993 dan tahun 1999 kota Surabaya adalah enam saluran, yaitu band 1, 2, 3, 4, 5 dan 7.

Sasaran yang ingin dicapai adalah untuk melihat besarnya kemampuan data citra Landsat TM dalam memberikan informasi tentang kenampakan objek-objek yang ada di muka bumi, Dari hasil klasifikasi diharapkan citra Landsat TM multi temporal, dapat mendeteksi besarnya tingkat perubahan kawasan terbangun dalam wilayah perkotaan.

Dari hasil analisis yang dilakukan dengan teknik penginderaan jauh diharapkan dapat menjadi suatu acuan bagi penyelenggara kebijakan sebagai kontrol terhadap keseimbangan ekosistem dalam suatu wilayah perkotaan, berupa monitoring terhadap rencana penggunaan lahan yang sudah ada, sekaligus berupa pedoman dalam menjalankan kebijakan.

Citra Landsat yang dapat dipergunakan sebagai pembuatan peta tematik adalah citra Landsat TM, yang diluncurkan pada tahun 1982 dirancang menggunakan scanner yang memiliki 7 band, dari beberapa band dapat dipilih untuk memperbesar analisis vegetasi, khususnya untuk penerapan bidang pertanian. Landsat TM merupakan sistem yang sangat kompleks dengan toleransi yang sangat kecil dan enam band yang mempunyai resolusi 30 m (*98kaki*) sedangkan band 6 dengan resolusi 120m, hasil ini merupakan evolusi dari sistem yang sudah ada.

Untuk memperbaiki semua kesalahan/distorsi geometrik akibat komponen - komponen instrumentasi perekam, geometrik orbit satelit, kecepatan rotasi bumi yang tidak sama dengan kecepatan sapuannya, distorsi panoramatik, anjungan (*platform*) yang tidak stabil karena perubahan gravitasi dan perbedaan "sampling" atau "*display scanne*" yang menyebabkan citra yang dihasilkan belum mempunyai posisi geografis seperti yang terdapat pada sebuah peta, sehingga diperlukan koreksi geometrik untuk mendapatkan citra yang mempunyai posisi geografis dengan menentukan letak suatu objek yang ada pada citra sesuai dengan sistem koordinat yang dikehendaki. Koreksi dengan titik kontrol di darat atau *Ground Control Point (GCP)* untuk proses registrasi citra diperuntukkan bagi suatu citra yang belum mempunyai posisi geografis, sehingga didapatkan sistem koordinat dan sistem proyeksi yang sama pada citra. Pengambilan titik kontrol di darat adalah dari hasil pengukuran dengan *Global Positioning System (GPS)*.

Untuk mentransformasi pixel citra diskrit-diskrit dari suatu sistem koordinat ke sistem koordinat lainnya dilakukan resampling. Hubungan antara kedua sistem koordinat tersebut berarti bahwa setiap nilai digital dari satu citra asli harus dipindahkan keposisi baru dalam citra yang sudah terkoreksi. Apabila perpindahan itu pada seluruh pixel, maka prosesnya akan lebih mudah dan nilai digital dalam citra yang di resampel tidak berubah. Tetapi dalam kenyataannya beberapa pixel mewakili daerah yang homogen, dan kebanyakan mempunyai nilai digital campuran dari objek yang berbeda dalam suatu cakupan pixel, dan pixel yang ditransformasikan tidak selalu dalam nilai integer yang mewakili. Salah satu metode yang dikembangkan untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti dan mendekati nilai asli dari suatu pixel adalah Interpolasi linier. Metode ini merupakan polinomial tingkat pertama dan melalui garis lurus pada setiap dua titik masukan yang berurutan.

Dalam proses pembuatan citra komposit, adalah dengan gabungan tiga band citra pada daerah yang sama, yaitu penggabungan tiga warna dasar merah, hijau dan biru atau *red-green-blue (RGB)*. Komposit yang didesain untuk menghasilkan citra komposit warna dalam grafik card 8 bit. Card-card ini mempunyai kemampuan untuk menyajikan 255 warna secara bersamaan.

Pada dasarnya klasifikasi terbimbing (*Supervised Clasification*) terbagi dalam dua tahapan, tahapan yang pertama merupakan tahapan deskriptif dan tahapan yang kedua merupakan tahapan pengambilan keputusan pada areal pengamatan.

Tahapan deskriptif merupakan pengamatan dan pemahaman suatu objek berdasarkan pada karakteristik radiometrik yang didukung analitis ketelitian dan statistik pengukuran pada sampel uji. Pada tahapan pengambilan keputusan diadakan penetapan kelas-kelas dari suatu daerah pengamatan yang didukung oleh data referensi beserta analitis statistik dengan angka-angka yang akurasi baik secara individual maupun secara keseluruhan. Klasifikasi Terbimbing ini memakai metode *Maximum Likelihood (kemungkinan kemiripan maksimum)* menggunakan pendekatan tersebut dan biasanya dapat mengolah sampel dalam jumlah banyak pada waktu bersamaan.

Melalui pengamatan secara visual pada layar monitor dilakukan penetapan training set dengan melihat dominasi terhadap objek yang diinginkan, kemudian didelineasi dalam bentuk poligon. Training set dapat dianalisis dengan menghitung nilai minimum, mean, maksimum, histogram dan standar deviasi masing-masing training set termasuk korelasi antara masing-masing training set yang ada. Persyaratan yang umumnya dipakai untuk ukuran pixel minimum ($30N+1$), dalam hal ini N = jumlah band yang digunakan, sedangkan standard deviasi maksimum yang dapat diterima adalah 3% sedangkan untuk standard deviasi $> 3\%$ dapat dianulir.

Ground truth merupakan suatu langkah verifikasi lapangan untuk mengetahui penyimpangan ataupun kesalahan yang terjadi pada citra hasil klasifikasi. Pengenalan titik objek secara pasti di lapangan dengan menggunakan GPS. Salah satu dari metode yang dapat direalisasikan adalah survai statik, yang berbasiskan pada penentuan posisi secara diferensial dengan menggunakan data fase, yang dikenal dengan metode survai GPS (*GPS Surveying*).

Analisis perubahan lahan merupakan suatu kegiatan yang dapat dilakukan secara efektif dengan menggunakan citra inderaja. Hal ini akan relatif lebih mudah apabila dilakukan dengan menggunakan citra satelit berbeda hari, tanggal, atau tahun, dan citranya dapat diregresi atau disamakan posisi koordinatnya satu dengan lainnya. Perubahan yang dapat dipantau berbeda-beda sesuai dengan kepentingan pemakai seperti perubahan perkembangan pembangunan, vegetasi dan hutan, lahan pertanian, jaringan jalan, garis pantai, terumbu karang, dan kepentingan lain yang berkaitan dengan kenampakan objek di muka bumi.

METODOLOGI PENELITIAN

Data Penginderaan Jauh

Citra yang digunakan adalah *Landsat Thematic Mapper (Landsat TM)* pada kolom (*path*) 118 dan lajur (*row*) 65 dari liputan Landsat-5 untuk wilayah Kota Surabaya, yang direkam tahun 1993 dan 1999.

Data Peta Dan Lapangan

Peta yang digunakan adalah peta Rupabumi wilayah Surabaya produksi BAKOSURTANAL tahun 1999 dengan skala 1 : 25.000, peta administrasi Kota Surabaya dari BAPPEDA Provinsi Jawa Timur skala 1 : 30.000, data lapangan dari pengecekan langsung di lapangan (*ground truth*) dan buku *Penyiapan Pembangunan Prasarana Kota Surabaya* tahun 1995.

Perangkat Keras/Lunak

Perangkat keras terdiri atas satu unit komputer Pentium II-300 (SDRam 64 MB, Hardisk 4,3 GB), Monitor Super VGA dan VGA 8 MB, satu unit printer lexmark 1100 dan satu unit digitizer. Perangkat Lunak *ER Mapper* versi 5.5 untuk proses pengolahan citra dan *ACAD Map R2* atau *Auto CAD R12* untuk digitasi peta rupa bumi.

Digitasi

Untuk menghasilkan peta Rupabumi dalam bentuk digital berupa areal wilayah Kota Surabaya dilakukan proses digitasi dengan menggunakan digitizer.

Pengolahan Citra

Koreksi geometrik dilakukan dengan bantuan titik kontrol di darat atau *Ground Control Point (GCP)*, di sini digunakan proses transformasi koordinat dari koordinat citra ke koordinat *Universal Transverse Mercator (UTM)*. Dari hasil koreksi didapat kedudukan citra yang sesuai dengan permukaan bumi.

Resampling (registrasi citra) dilakukan dengan proses transformasi pixel citra diskrit dari suatu sistem koordinat ke dalam sistem koordinat lain, ini berarti bahwa setiap nilai digital dari suatu citra harus dipindahkan ke posisi baru dalam citra yang sudah terkoreksi yang merupakan fungsi pemetaan transformasi spasial

Pembuatan komposit warna pada citra Landsat TM dilakukan dengan cara penggabungan tiga band guna mendapatkan diskriminasi warna yang baik berdasarkan band-band citra yang mempunyai korelasi yang cukup tinggi. Untuk meningkatkan kontrasnya dilakukan dengan cara transformasi linier *Training Sample* objek dominan adalah pengambilan sample dalam bentuk poligon atau region bagi objek yang mewakili dalam satu kelas dengan cara menginterpretasi, apabila standar deviasi $< 3\%$ proses dilanjutkan dan apabila $= 3\%$ pembuatan region untuk sample objek itu harus diulangi. Pembuatan signature diperuntukkan bagi nama objek yang diinterpretasi dan ditetapkan sebagai nama suatu kelas.

Klasifikasi terbimbing dengan menggunakan *training sample* untuk menentukan kelas tutupan lahan yang diperoleh dari survai lapangan, hingga diperoleh hasil klasifikasi dari kedua citra Landsat TM komposit tersebut.

Ground Truth

Setelah melakukan klasifikasi perlu diadakan pengecekan terhadap kenampakan objek yang ada apakah sudah sesuai dengan hasil klasifikasi, pengecekan objek ini dilakukan dengan menggunakan *GPS*. Apabila terjadi suatu kegagalan dalam hasil klasifikasi itu dengan kenampakan objek yang ada, selanjutnya dapat diadakan perbaikan hingga memberikan hasil klasifikasi yang representatif.

Overlay

Overlay merupakan proses tumpang susun yang dilakukan terhadap citra multitemporal dengan peta Rupabumi hasil digitasi (*digital*) untuk mendapatkan areal penelitian yang presentatif, sedangkan untuk analisis tumpang susun dilakukan terhadap citra hasil klasifikasi tahun 1993 dan tahun 1999.

Analisis Perubahan Tutupan Lahan.

Analisis perubahan tutupan lahan ini dilakukan dengan cara tumpang susun antara citra Landsat TM hasil klasifikasi tahun 1993 dan 1999 hingga dapat dilihat

perubahan yang terjadi pada setiap klas objek dari sini akan didapatkan perubahan kawasan terbangun pada wilayah Kota Surabaya.

Uji Ketelitian.

Uji ketelitian berpedoman pada data yang terdapat dalam buku "Penyiapan Pembangunan Prasarana Kota Surabaya tahun 1995".

HASIL DAN PEMBAHASAN

Digitasi

Peta hasil digitasi diperlukan untuk menentukan batas wilayah Kota Surabaya dengan cara tumpang susun terhadap citra Landsat TM 1993 dan tahun 1999 setelah dilakukan koreksi geometrik

Data Lapangan

GPS yang digunakan pada pengukuran penentuan titik kontrol di darat ini adalah GPS merek Garmin III Plus, nomor seri 92137736 dengan ketelitian 3 meter. Data hasil pengukuran pesawat GPS yang dilakukan pada tanggal 12 sampai dengan 13 Mei 2001 di wilayah Kota Surabaya dengan 6 titik yang diperoleh ketelitian terbesar 4,3m yang berarti kurang dari 2 pixel (60 m). Sebagai acuan dalam pembuatan poligon objek yang mewakili yang dipergunakan untuk proses klasifikasi citra dilakukan pengambilan sample objek di lapangan.

Luas wilayah administrasi Kota Surabaya 32.643 hektar, kawasan terbangun atau kawasan permukiman meliputi kawasan perumahan, industri, perdagangan, perkantoran, serta sarana transportasi pada tahun 1980 seluas 10.209 hektar (31,275 %) dan tahun 1992 seluas 15.420 hektar (47,238 %). Pertumbuhan kawasan permukiman selama 12 tahun seluas 5.211 hektar (15,963 %) dengan pertumbuhan rata-rata pertahun seluas 434,25 hektar (1,330 %) dengan angka pertumbuhan penduduk 2,060 % pertahun (tahun 1990). Data ini didapat dari buku "Penyiapan Pembangunan Prasarana Kota Surabaya tahun 1995" Direktorat Bina Tata Perkotaan dan Perdesaan, Direktorat Jendral Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum.

Koreksi Geometrik

Rektifikasi data citra Landsat Thematic Mapper (*Landsat TM*) tahun 1999 Kota Surabaya merupakan koreksi geometrik antara citra yang belum terkoreksi dengan bantuan Ground control Point (*GCP*) yang di ambil berdasarkan pengukuran dengan Global Positioning System (*GPS*), dengan memasukkan titik kontrol tanah pada titik yang sama di citra melalui suatu identifikasi di monitor didapat Root Mean Square (*RMS*) error < 0,3 pixel.

Citra Komposit Warna

Penggabungan band citra Landsat Thematic Mapper (*Landsat TM*) tahun 1993 dan tahun 1999 Kota Surabaya melalui tiga layer, yaitu band 5 pada layer merah (*red*), band 4 pada layer hijau (*green*) dan band 2 pada layer biru (*blue*) memberikan kenampakan warna asli (*true color*). Untuk memperjelas atau memberikan tingkat kekontrasan dari tampilan objek hingga terjadi suatu perbedaan yang jelas dari setiap objek, didapat dari pengontrasan secara otomatis dengan *transformasi linier*.

Berdasarkan citra komposit warna, maka didapatkan klas objek penutup lahan sebagai berikut ;

1. *Permukiman*: Kawasan yang objek penutup lahannya terdiri dari bangunan rumah penduduk baik padat/jarang, perkantoran, industri, perdagangan dan sarana transportasi.
2. *Sawah/Rumput*: Kawasan Persawahan irigasi maupun tadah hujan yang ditumbuhi vegetasi homogen termasuk seluas jenis rerumputan rendah pada lapangan terbuka seperti lapangan rumput termasuk stadion dan lapangan golf.
3. *Vegetasi Campuran*: Kawasan yang didominasi oleh jenis pohon - pohonan yang heterogen, umumnya berdaun majemuk seperti hutan kota, hutan pantai, tegalan, semak maupun belukar.
4. *Tambak*: Kawasan tambak ikan/udang yang produktif, ladang garam yang digenangi air termasuk aliran sungai.
5. *Lahan Kosong*: Kawasan persawahan irigasi maupun tadah hujan sehabis panen bekas potongan batang padi masih ada, tegalan atau tambak kering yang vegetasi sangat jarang dan tidak mendominasi kawasan tersebut.
6. *Tanah Kosong*: Kawasan tanah kosong tanpa vegetasi atau sengaja dikosongkan seperti sawah, tegalan, tambak yang digusur maupun diurug untuk pengembangan permukiman, termasuk juga ladang garam yang kering tanpa vegetasi.
7. *Laut*: Kawasan yang digenangi oleh air laut.

Training Sample

Pembuatan *training sample* dengan cara pembentukan poligon atau region pada objek dominan atau yang mewakili menghasilkan standar deviasi lebih kecil dari 3%.

Klasifikasi Citra

Klasifikasi terbimbing dengan tipe klasifikasi *Maximum Likelihood Standard Neighbor* dapat memberikan data hasil klasifikasi dalam bentuk numerik tentang luas dari masing-masing klas yang ada seperti terlihat pada Table 1 dan Tabel 2 dengan satuan hektar, kilometer persegi, are dan milpersegi

Tabel 1. Luas Masing-masing Klas Hasil Klasifikasi Citra Landsat TM Tahun 1993 Kota Surabaya

Kelas	Hektar	Km ²	Are	Mil ²
Lahan Kosong	4.360.000	43.606	10.775.301	16.836
Laut	8.528.029	85.280	21.073.220	32.927
Permukiman	12.163.391	121.634	30.056.396	46.963
Sawah/Rumput	332.576	3.326	821.812	1.284
Tambak	6.830.856	68.309	16.879.413	26.374
Tanah Kosong	450.409	4.504	1.112.984	1.739
Vegetasi Campuran	8.629.029	86.290	21.322.796	33.317

Tabel 2. Luas Masing-masing Klas Hasil Klasifikasi Citra Landsat TM Tahun 1999 Kota Surabaya

Kelas	Hektar	Km ²	Are	Mil ²
Lahan Kosong	2.546.389	25.464	6.292.266	9.832
Laut	8.473.753	84.738	20.939.102	32.717
Permukiman	14.985.878	149.859	37.030.913	57.861
Sawah/Rumput	615.595	6.156	1.521.169	2.377
Tambak	5.017.580	50.176	12.398.710	19.373
Tanah Kosong	1.571.632	15.716	3.883.587	6.068
Vegetasi Campuran	7.975.519	79.755	19.707.939	30.794
Jumlah	41.240.622	412.406	101.907.804	159.231

Citra Landsat Thematic Mapper (*Landsat TM*) tahun 1993 dan 1999 Kota Surabaya yang merupakan hasil klasifikasi disajikan dalam warna yang berbeda untuk masing-masing klasnya dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Ground Truth

Untuk meyakinkan hasil klasifikasi langkah yang diambil adalah dengan melakukan verifikasi atau cek langsung kelapangan dengan menggunakan peralatan *GPS*. Cek langsung dilakukan secara acak ditempat yang berbeda dengan titik pengambilan sample seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil verifikasi Lapangan Dengan GPS.

No.	Nama Klas	Timur (m)	Lokasi	Jenis Objek
		Utara (m)		
1	Permukiman	697359,88	Kel. Gebang Putih Kec. Sukolilo	Permukiman Padat
		9195160,70		
2	Sawah/Rumput	689919,65	Kel. Karah Kec. Jambangan	Sawah Irigasi Bervegetasi
		9190546,53		
3	Vegetasi Campuran	691737,15	Kebun Binatang Kec. Wonokromo	Pohon-pohon besar dan semak
		9193018,69		
4	Tambak	701882,84	Kel.Keputih Kec. Sukolilo	Tambak berair dengan Pematang bervegetasi
		9193168,53		
5	Lahan Kosong	683121,59	Kel. Lidah Kuon Kec. Lakar Santri	Sawah habis panen sisa batang padi masih ada
		9191485,81		
6	Tanah Kosong	685896,19	Kel. Karangpilang Kec.Karang Pilang	Bekas sawah berupa tanah kosong untuk perumahan
		9188035,08		
	Laut	691448,42		Air laut
		9204331,17		

Tumpang Susun (*overlay*)

Pada tumpang susun yang bertujuan untuk mencari perubahan fungsi objek penutup lahan dilakukan dengan pemberian warna yang berbeda untuk tiap klas pada citra Landsat TM hasil klasifikasi Tahun 1993 dan Tahun 1999. hal ini untuk mempermudah dalam mencari perubahan objek penutup lahan, karena tumpang susun antara dua citra hasil klasifikasi dari tahun yang berbeda pada suatu klas objek dengan warna yang sama tidak akan terlihat suatu perubahan meskipun tumpang susun yang terjadi tidak simetris berimpitan, akibat adanya perbedaan luas objek dalam satu klas. Langkah-langkah yang dilakukan untuk masalah ini adalah sebagai berikut:

1. Citra Landsat TM hasil klasifikasi Tahun 1993 dan Tahun 1999 yang di tumpang susunkan sehingga terbentuk pertampalan. Dengan cara menggeser tombol *transparency* melalui mouse pada bar *algorithm for image windows* dapat dilihat perubahan yang terjadi diantara kedua citra tersebut.
2. Daerah yang berubah tersebut dideliniasi berupa poligon-poligon dan diberi warna sesuai dengan perubahan objek tersebut. Dengan menyimpan hasil deliniasi ini sebagai file baru, maka terbentuklah peta perubahan fungsi objek penutup lahan.

Perubahan Kawasan terbangun

Hasil perubahan fungsi objek penutup lahan yang didapat dari hasil tumpang susun antara citra Landsat TM hasil klasifikasi Tahun 1993 dan Tahun 1999 Kota Surabaya ditumpang susun lagi dengan peta Kota Surabaya yang bertujuan untuk melihat arah perkembangan dalam wilayah Kota Surabaya dari tahun 1993 sampai dengan tahun 1999. Peta perubahan kawasan terbangun ini dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan data numerik hasil klasifikasi citra Landsat TM tahun 1993 dan tahun 1999 pada Tabel 1 dan Tabel 2 didapat angka perubahan objek penutup lahan, persentase objek dan tingkat perubahannya terhadap luas keseluruhan citra hasil klasifikasi seperti terlihat pada tabel 4 dan tabel 5.

Tabel 4. Perubahan Objek Penutup Lahan Pada Citra Landsat TM Hasil Klasifikasi Tahun 1993 dan Tahun 1999 Kota Surabaya

No	Klas Objek	Tahun 1993 (Hektar)	Tahun 1999 (Hektar)	Bertambah (Hektar)	Berkurang (Hektar)
1	Lahan Kosong	4.360,609	2.546,389		1.814,220
2	Laut	8.528,029	8.473,753		54,276
3	Permukiman	12.163,391	14.985,878	2.822,487	
4	Sawah/Rumput	332,576	615,596	283,020	
5	Tambak	6.776,580	5.071,856		1.704,724
6	Tanah Kosong	450,409	1.571,632	1.121,223	
7	Vegetasi Campuran	8.629,029	7.975,519		653,510
	Jumlah	41.240,623	41.240,623	4.226,730	4.226,730

Tabel 5. Persentase Objek Penutup Lahan Hasil Klasifikasi Citra Landsat TM tahun 1993 dan 1999 beserta Tingkat Perubahannya.

No	Klas Objek	Tahun 1993 (%)	Tahun 1999 (%)	Bertambah (%)		Berkurang (%)	
				93 - 99	Per Tahun	93 - 99	Per Tahun
1	Lahan Kosong	10,574	6,174			4,399	0,733
2	Laut	20,679	20,547			0,132	0,022
3	Permukiman	29,494	36,338	6,844	1,141		
4	Sawah/Rumput	0,806	1,493	0,686	0,114		
5	Tambak	16,432	12,298			4,133	0,689
6	Tanah Kosong	1,092	3,811	2,719	0,453		
7	Vegetasi Campuran	20,923	19,339			1,585	0,264
	Jumlah	100	100	10,249	1,708	10,249	1,708

Dari tahun 1993 sampai dengan tahun 1999 Pertumbuhan tertinggi terjadi pada kawasan permukiman yang dalam hal ini disebut sebagai kawasan terbangun umumnya berkembang ke arah wilayah Surabaya timur dan utara seluas 2.822,487 hektar (6,844 %) rata-rata pertumbuhan per tahun 470,414 hektar (1,141 %). Kemudian kawasan tanah kosong berkembang ke arah wilayah Surabaya timur, barat, dan utara seluas 1.121,223 hektar (2,719 %) rata-rata pertumbuhan pertahun 186,871 hektar (0,453%), dan untuk kawasan sawah/rumput mengalami perkembangan di wilayah Surabaya timur, selatan dan barat seluas 283,020 hektar (0,686%) rata-rata pertahun 47,170 hektar (0,114%).

Kawasan yang mengalami kemunduran terutama pada kawasan lahan kosong berkurang di wilayah Surabaya timur, utara dan barat seluas 1.814,220 hektar (4,399%) rata-rata pengurangan pertahun 302,370 hektar (0,733%). Kawasan tambak berkurang di wilayah Surabaya timur dan utara seluas 1.704,724 hektar (4,133%) rata-rata pengurangan pertahun 284,121 hektar (0,689%). Kawasan vegetasi campuran berkurang diseluruh wilayah seluas 653,510 hektar (1,585 %) rata-rata pengurangan pertahun 108,918 hektar (0,264 %) dan kawasan laut di wilayah Surabaya timur dan barat seluas 54,276 hektar (0,132 %) rata-rata pertahun 9,046 hektar (0,022 %). Secara visual perubahan dari fungsi objek penutup lahan ini dapat dilihat pada Gambar 3.

Uji Ketelitian

Uji ketelitian dilakukan dengan berpedoman pada data dari buku "Penyiapan Pembangunan Prasarana Kota Surabaya Tahun 1995" memuat bahwa wilayah administrasi Kota Surabaya adalah seluas 32.643 hektar, pada tahun 1980 wilayah permukimannya seluas 10.209 hektar (31,275 %) dan tahun 1992 seluas 15.420 hektar (47,238 %) dengan pertumbuhan selama 12 tahun adalah 5.211 hektar (15,963 %) maka rata-rata pertumbuhan pertahun seluas 434,25 hektar (1,330 %). Angka 32.643 hektar itu adalah luasan dari seluruh daratan sedangkan luas lautan tidak diperhitungkan. Dari data ini maka ketelitian yang dapat diperhitungkan hanyalah untuk wilayah permukiman sedangkan untuk ketelitian secara menyeluruh tidak dapat dilakukan.

Besarnya perubahan ataupun pertumbuhan permukiman selama periode tahun 1993 sampai dengan tahun 1999 adalah seluas 2.822,487 hektar (6,844 %) dengan rata-rata pertahun 470,414 hektar (1,141%). Jika angka tersebut diperhitungkan terhadap luas daratan saja akan didapat pada tahun 1993 luas daratan 32.712,594 hektar persentase permukiman 37,182 %, pada tahun 1999 luas daratan 32.766,870 hektar persentase permukiman 45,735%, dengan rata-rata pertumbuhan dari tahun 1993 sampai dengan tahun 1999 adalah 1,437 %

Berdasarkan prediksi dari rata-rata pertumbuhan kawasan permukiman 434,25 hektar (1,330%), maka pada tahun 1993 wilayah permukiman adalah seluas 15.854,25 hektar (48,56%), tahun 1999 seluas 18.025,500 hektar (55,220 %) dengan perubahan atau pertumbuhan kawasan permukiman dari tahun 1993 sampai dengan tahun 1999 didapat sebesar 2.171.25 hektar (6,651%) rata-rata pertahun 361,875 hektar (1,109%).

Dengan membandingkan persentase wilayah permukiman berdasarkan luas daratan yang berasal dari data hasil klasifikasi citra landsat TM terhadap persentase permukiman dari hasil prediksi maka, ketelitian untuk permukiman yang disebut sebagai kawasan terbangun adalah:

- Ketelitian untuk hasil klasifikasi citra Landsat TM 1993

$$\frac{37,121}{48,560} \times 100 = 76,443\%$$

- Ketelitian untuk hasil klasifikasi citra Landsat TM 1999 Sebesar :

$$\frac{45,811}{55,220} \times 100 = 82,961\%$$

Secara keseluruhan bila ditinjau dari rata-rata pertumbuhan kawasan terbangun pertahun antara hasil prediksi dengan hasil klasifikasi didapat ketelitian sebesar :

$$\frac{1,109}{1,437} \times 100 = 77,175\%$$

PEMBAHASAN

Koreksi Geometri

Dari 6 titik kontrol di darat yang digunakan sebagai referensi koreksi geometrik pada citra Landsat TM dihasilkan Root Mean Square terbesar yaitu 0,2 atau tingkat kesalahannya 6 meter, hasil ini tentunya kurang dari 2 pixel ($< 2 \times 30 \text{ meter}$). Dengan demikian kesalahan yang terjadi masih dalam batas toleransi, atau transformasi koordinat citra dengan 6 titik kontrol tanah dapat diterima dalam proses koreksi geometrik ini dan dinyatakan sudah mendekati kebenaran.

Citra Komposit Warna

Berdasarkan hasil citra komposit warna dan pengambilan sampel objek dilapangan telah memberikan kemudahan dalam menentukan jumlah klas objek penutup lahan maka ditetapkan 7 klas objek yaitu; klas lahan kosong, laut, permukiman, sawah/rumput, tambak, tanah kosong dan vegetasi campuran.

Dengan demikian pemilihan band 5, 4 dan 2 serta peningkatan kontras secara otomatis tersebut dapat diterima sebagai citra komposit warna dalam menciptakan deskriminasi warna objek secara memuaskan.

Training Sample

Hasil dari pembuatan poligon tersebut untuk citra Landsat Thematic Mapper komposit warna tahun 1993 dan 1999 standar deviasinya $< 3\%$, dengan demikian proses

training sample sudah dapat diterima untuk dilanjutkan pada tahap selanjutnya berupa klasifikasi citra.

Klasifikasi Citra

Klasifikasi terbimbing dengan tipe *Maximum Likelihood Standart Neighbor* pada citra Landsat Thematic Mapper komposit warna band 5, 4 dan 2 tahun 1993 dan 1999 dari hasil training sample menghasilkan informasi yang dibutuhkan dalam bentuk citra terklasifikasi dan data numerik berupa luasan dari masing-masing klas objek sesuai dengan nama klas masing-masing. Dari setiap klas objek penutup lahan pada citra hasil klasifikasi tahun 1993 dan 1999 semuanya mengalami perubahan, ada yang bertambah serta berkurang luasanya akibat perkembangan pembangunan di Kota Surabaya seperti Tabel 6 berikut ini.

Tabel.6. Luasan Objek Penutup Lahan Hasil Klasifikasi Citra TM Tahun 1993 dan Tahun 1999.

No.	Klas Objek	Tahun 1993 (Hektar)	Tahun 1999 (Hektar)
1	Lahan Kosong	4.360,609	2.546,389
2	Laut	8.528,029	8.473,753
3	Permukiman	12.163,391	14.985,878
4	Sawah/Rumput	332,576	615,596
5	Tambak	6.830,856	5017,580
6	Tanah Kosong	450,409	1.571,632
7	Vegetasi Campuran	8.629,029	7.975,519
	Jumlah	41.240,623	41.240,623

Dalam pelaksanaan klasifikasi terbimbing dengan menggunakan tipe *maximum Likelihood standard neighbor* dari perolehan hasilnya tidak mengalami kendala yang berarti sehingga dapat diterima sebagai proses klasifikasi citra dan cukup memuaskan.

Ground Truth

Berdasarkan cek lapangan yang dilakukan secara acak agar lebih meyakinkan terhadap hasil klasifikasi, maka di lokasi ditemukan klas permukiman itu berupa permukiman padat, sawah/rumput berupa sawah irigasi, vegetasi campuran berupa jenis pohon-pohonan dan semak pada umumnya berdaun majemuk, pada tambak berupa tambak berair umumnya pematang ditumbuhi rumput serta pohon-honan, Lahan kosong berupa sawah habis panen sisa batang padi masih ada, tanah kosong berupa bekas sawah tadah hujan tanpa vegetasi sedangkan laut berupa air laut yang terdapat dipinggir pantai

Dilihat dari hasil cek lapangan ini, jika dibandingkan dengan hasil pengambilan sampel tidak ditemukan hal-hal kejanggalan terhadap hasil klasifikasi.

Tumpang Susun (overlay)

Tumpang susun antara citra hasil klasifikasi tahun 1993 dan tahun 1999 dalam warna yang berbeda pada tiap klasnya dapat memberikan perubahan tiap pertampalan objek, hal ini membantu proses pembuatan peta perubahan klas objek penutup lahan. Proses tumpang susun melalui cara-cara tersebut sudah cukup memuaskan, hasilnya dapat dilihat pada peta tematik dan peta perubahan lahan.

Perubahan Kawasan Terbangun

Melihat perkembangan yang terjadi dari tahun 1993 sampai dengan tahun 1999 bahwa kawasan yang mengalami pertumbuhan didominasi oleh kawasan permukiman pada umumnya ke arah wilayah Surabaya timur dan utara seluas 2.822,487 hektar (6,844 %) pertumbuhan rata-rata pertahun 470,414 hektar (1,141 %), pertumbuhan kawasan permukiman akan mengakibatkan berkurangnya kawasan lain yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem seperti lahan hijau sebagai paru-paru kota, kawasan tambak dan kawasan penyangga yang merupakan daerah resapan air.

Dari pertumbuhan penduduk sebesar 2,060 % pertahun dan pertumbuhan kawasan permukiman 1,141 % terjadi ketidak seimbangan antara pertumbuhan penduduk dan kawasan permukiman atau kawasan terbangun. Di masa akan datang tentu saja akan terjadi lonjakan pertumbuhan yang besar pada kawasan permukiman.

Kesenjangan yang terjadi antara pertumbuhan penduduk dan kawasan permukiman menunjukkan bahwa tingginya tingkat kelahiran atau urbanisasi Kota Surabaya sebagai kota metropolitan dan juga tingkat ekonomi masyarakat yang masih rendah, hingga tidak dapat memenuhi kebutuhan permukiman yang setara dengan lajunya pertumbuhan pertumbuhan penduduk tersebut. Hal ini akan berdampak pada kehidupan sosial masyarakat, dimana akan bermunculan kawasan permukiman kumuh yang dapat mengganggu kelestarian lingkungan hidup.

Uji Ketelitian

Dari hasil klasifikasi citra Landsat TM kota Surabaya tahun 1993 diperoleh ketelitiannya sebesar 76,443 % dan tahun 1999 sebesar 82,961 %, jadi secara keseluruhan apabila ditinjau dari rata-rata pertumbuhan kawasan terbangun pertahun, maka angka ketelitiannya adalah sebesar 77,175 %. Dapat disimpulkan bahwa tingkat kesalahan yang terjadi dari citra hasil klasifikasi Landsat TM tahun 1993 dan tahun 1999 dengan berpedoman pada buku "Penyiapan Pembangunan Prasarana Kota Surabaya tahun 1995", sudah cukup baik dengan kesalahan hanya sebesar 22,825 %.

KESIMPULAN

Proses koreksi geometrik dengan 6 titik kontrol di darat dari hasil pengukuran Global Positioning System (GPS) pada citra Landsat Thematic Mapper dapat memberikan hasil yang baik dengan Root Mean Square (RMS) error lebih kecil dari 0,3 pixel.

Penggunaan citra Landsat TM tahun 1993 dan tahun 1999 untuk band 5 pada layer merah, band 4 pada hijau serta band 2 pada layer biru melalui pengontrasan secara transformasi linier dapat memberikan kombinasi warna asli untuk kemudahan dalam menentukan klas objek penutup lahan.

Pembuatan training sample memperoleh standard deviasi lebih kecil dari 3%, sedangkan penggunaan jenis klasifikasi terbimbing dengan tipe *maximum likelihood standard neighbor* dapat memberikan hasil yang memuaskan dalam proses klasifikasi citra Landsat TM 1993 dan tahun 1999.

Pelaksanaan ground truth sangat membantu dalam meyakinkan tentang kebenaran dari hasil klasifikasi citra, melalui cek langsung terhadap objek penutup lahan dilapangan.

Tumpang susun antara citra hasil klasifikasi tahun 1993 dan tahun 1999, menghasilkan peta perubahan penutup lahan selama periode tahun 1993 hingga tahun 1999 di Kota Surabaya.

Dari hasil klasifikasi citra selama periode tahun 1993 sampai dengan tahun 1999, perkembangan wilayah didominasi oleh kawasan terbangun secara garis besar bergerak kearah wilayah Surabaya timur dan utara seluas 2.822,487 hektar (6,844 %) dari seluruh luasan citra, rata-rata pertumbuhan pertahun adalah sebesar 1,141%. Melihat besarnya pertumbuhan tanah kosong serta pertumbuhan penduduk yang tinggi (2,020% tahun 1990) akan mengakibatkan lonjakan yang tinggi terhadap pertumbuhan kawasan terbangun, akibatnya terjadi penurunan kawasan hijau hingga berkurangnya udara bersih sebagai paru-paru kota. Ketimpangan antara pertumbuhan penduduk dan kawasan terbangun, juga mencerminkan rendahnya tingkat ekonomi masyarakat dan hal ini akan menimbulkan terciptanya permukiman kumuh yang dapat mengganggu kelestarian lingkungan hidup.

Ketelitian pada klasifikasi citra Landsat TM tahun 1993 untuk kawasan terbangun sebesar 76,443 %, tahun 1999 sebesar 82,961 %, sedangkan berdasarkan pada pertumbuhan rata-rata pertahun dari kawasan terbangun selama periode tahun 1993 hingga tahun 1999 didapat angka ketelitian sebesar 77,175 % dengan tingkat kesalahan 22,875 %.

Hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai pedoman bagi pemerintah Kota Surabaya dalam melihat arah perkembangan kawasan terbangun yang telah terjadi selama periode tahun 1993 dan tahun 1999 sebagai evaluasi terhadap kebijakan pengembangan pembangunan yang dijalankan, apakah masih terdapat dalam master plan kota atau telah menyimpang dari rencana semula.

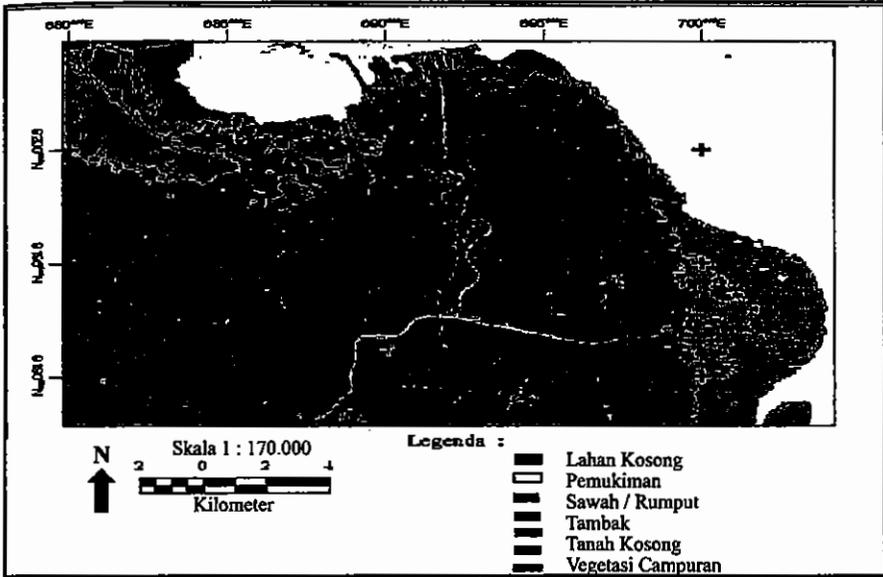
Saran

Untuk mendapatkan kebenaran dengan uji ketelitian sebaiknya menggunakan data acuan pada tahun yang sama dengan tahun rekaman citra, hingga diperoleh hasil ketelitian lebih meyakinkan.

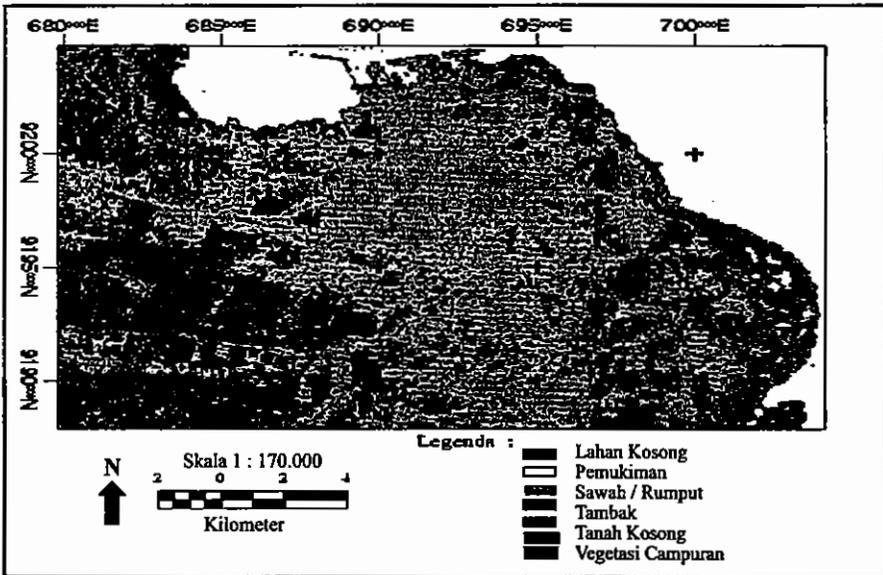
Untuk mendapatkan kebutuhan kawasan terbangun dari masing-masing bagian ataupun seluruh wilayah Kota Surabaya secara umum, masih diperlukan lagi suatu penelitian sebagai kelanjutan dari hasil

DAFTAR PUSTAKA

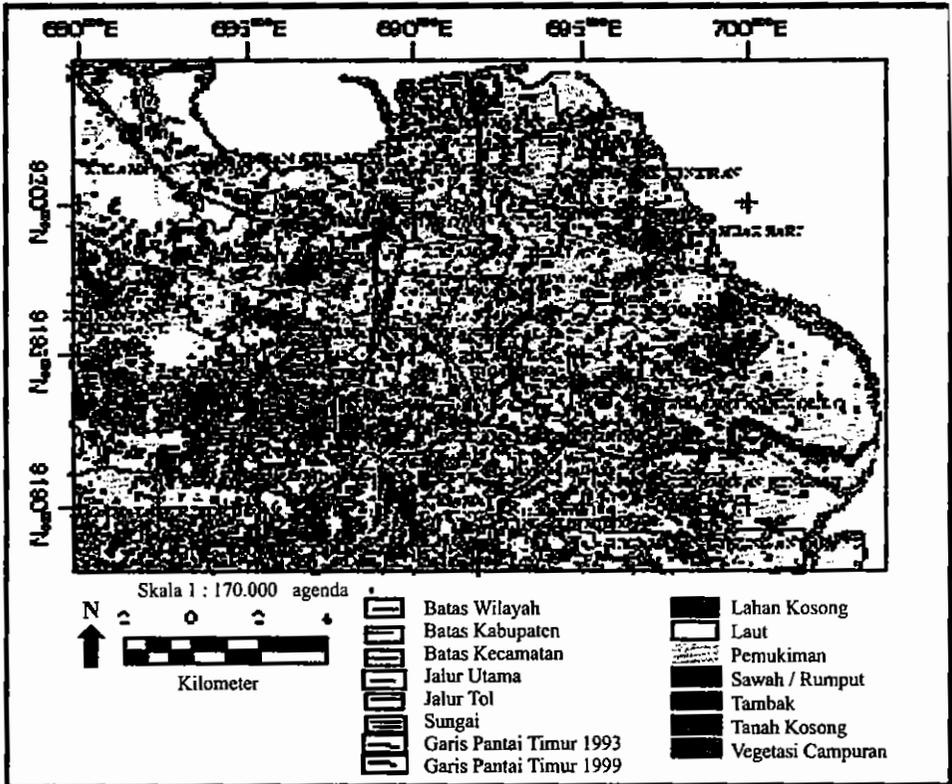
- Abidin Hasanuddin Z., 2000. *Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya*, Pradnya Paramita, Jakarta
- Arymurthy Aniati Murni dan Setiawan S., 1992. *Pengantar Pengolahan Citra*, Gramedia, Jakarta.
- Budhiharjo Eko, 1999. *Lingkungan Binaan dan Tata Ruang Kota*, Andi, Yogyakarta.
- Dimiyati Ratih Dewanti, 1998. *Remote Sensing dan Sistem Informasi Geografis Untuk Perencanaan*, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, Jakarta.
- Howard John. A., 1996. *Penginderaan Jauh Untuk Sumber Daya Hutan*, Indonesian Edition, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Lillesand, T.M., and Kiefer, R.W., 1990. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*, Indonesian Edition, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Paine David, 1993. *Fotografi Udara*, Indonesian Edition, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta..
- Shrestha D.P., 1994. *Remote Sensing Techniques Digital Image Processing, International For Aerospace Survey and Earth Sciences.*



Gambar 1. Citra Landsat TM Hasil Klasifikasi Tahun 1993 Kota Surabaya



Gambar 2. Citra Landsat TM Hasil Klasifikasi Kota Surabaya Tahun 1999



Gambar 3. Peta Perubahan Tutupan Lahan Kota Surabaya
Dari tahun 1993 - 1999