

KLASIFIKASI SPEKTRAL CITRA FOTO-UDARA KASUS: TINGKAT KEPADATAN PERMUKIMAN DI KOTA YOGYAKARTA DAN SEKITARNYA

*Spectral Statistical Classification Method of Aerialphoto
the Case of Settlement Density in Yogyakarta City and Its
Vicinity*

Syarhul Huda¹, Hartono², Adhi Susanto³

Program Studi Penginderaan Jauh
Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada

ABSTRACT

This research was conducted on aerialphotos scaled to 1:20000 which were flown in 2000. The target was automatic classification, based on spatial and statistical parameters. To the spatial parameter, settlement density was divided into three classes based on the ratio between the total building coverage and the area of the cropped sample. The classes are : (a) sparse, if the ratio is less than 40%; (b) medium, if the ratio is between 40% and 60%; and (c) dense, if the ratio is more than 60%. For the statistical parameters, the histogram of settlement density was modeled by statistical approach of first-order texture concept. They were mean, variance, skewness, and kurtosis.

Aerialphotos were digitized by means of a scanner with CCD (Charge Coupled Devices) optical sensor. The resolution was set at 600 dpi (dots per inch). There were many factors that influenced the contrast value of analog and digital aerialphotos. Therefore, results of this research were limited to materials and equipment used and could not be generalized. Sixty samples were selected randomly for an area of 100 x 100 square metres (120 x 120 pixels) each. Thirty samples were used for training and the other 30 samples for the tests. These samples were grouped with 10 samples for each settlement density class.

¹ Condongsari A-57, Condong Catur, Depok Sleman, Yogyakarta/Telp. 0274-486572

² Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

³ Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Classification scenario was based on statistical parameters, one-by-one and their combinations. The algorithm used was minimum distance to mean and Mahalanobis distance. The selected classification scenarios for the test-samples were : (a) combination of mean and variance with the minimum and Mahalanobis distance algorithm; (b) combination of variance and skewness with the minimum distance algorithm; and (c) combination of the four statistical parameters (which have been transformed by PCA method) with the minimum and Mahalanobis distance algorithm. The classification errors occurred on dense settlement density were 40%, and 80% on medium settlement density for all selected classification scenario. The classification errors on sparse settlement density were 50% if minimum distance algorithm used, and 70% if Mahalanobis distance algorithm used.

Key words: *Settlement Density, Spatial and Statistical Parameters, Classification.*

PENGANTAR

Kegiatan interpretasi manual membutuhkan konsentrasi dalam jangka waktu yang relatif panjang. Penggunaan mata secara terus menerus untuk berkonsentrasi dan menginterpretasi keberadaan lahan terbangun pada foto-udara dapat memacu timbulnya kesalahan interpretasi, karena mata memiliki batas operasional. Batas operasional ini pada akhirnya dapat mempengaruhi kecepatan penyelesaian pekerjaan interpretasi dan deliniasi (Hart dkk., 2002).

Perangkat-keras komputer yang dilengkapi dengan perangkat-lunak, dapat digunakan untuk membantu penfasir citra menyelesaikan tugasnya secara cepat. Penyelesaian tugas secara cepat ini dapat dilakukan karena proses komputasi numerik tersebut dilakukan secara stabil pada kecepatan tertentu dan lebih bersifat obyektif (terhadap kriteria yang telah ditetapkan). Studi literatur yang dilakukan memberi indikasi bahwa penelitian lokal yang mengkaji perihal pengolahan data foto-udara untuk klasifikasi secara statistis-otomatis, belum banyak dilakukan.

Pada penelitian ini dilakukan klasifikasi statistis atas karakteristik spektral foto-udara. Kajian ditekankan pada tingkat kepadatan permukiman (kelas padat, sedang, dan jarang) di Kota

Yogyakarta dan sekitarnya. Sumber material penelitian yang digunakan adalah foto-udara skala 1:20000 yang direkam pada 18 Desember 2000.

Ada dua tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini, yaitu : (a) menyusun skenario klasifikasi spektral obyek permukiman pada foto-udara; dan (b) identifikasi tingkat kepadatan permukiman pada foto-udara serta menyusun spesifikasi spasial dan statistikal atas sampel tingkat kepadatan tersebut.

CARA PENELITIAN

Penyusunan Spesifikasi Spasial dan Statistikal Obyek Permukiman

Terdapat kemungkinan bahwa kenampakan-kenampakan khas pada foto-udara dapat dimodelkan secara unik dengan parameter-parameter tertentu untuk kemudian diklasifikasi secara otomatis (komputer) dengan algoritma tertentu pula. Komputer dapat dilatih untuk mengenali kenampakan khas ini dengan cara memasukkan sampel-sampel setiap kelas kenampakan dan menjadikannya sebagai sampel-acu. Pada penelitian ini digunakan metode terselia (*supervised*) untuk melakukan pemilihan sampel dan metode analisis tekstur secara statistikal untuk proses klasifikasi atas sample-sampel tersebut.

Pemilihan sampel didasarkan atas parameter spasial dan parameter statistikal. Parameter spasial yang digunakan adalah parameter kepadatan permukiman yang di keluarkan oleh Ditjen Cipta Karya. Kepadatan ini didefinisikan sebagai nisbah antara total luas bangunan permukiman terhadap total luas blok cuplikan permukiman tersebut. Hasil nisbah ini kemudian dikalikan 100%. Selanjutnya hasil nisbah dikelaskan menjadi tiga, yaitu : (a) jarang, jika hasil nisbah kurang dari 40%; (b) sedang, jika hasil nisbah antara 40% sampai dengan 60%; dan (c) padat, jika hasil nisbah lebih dari 60% (Ditjen Cipta Karya, 1986).

Parameter statistikal yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari konsep tekstur orde pertama, sebagai berikut (Spiegel, 1981:45-99).

a. Rerata/*mean*:

adalah hasil perhitungan atas fungsi probabilitas beberapa piksel tunggal dalam suatu citra. Jika n merupakan jumlah piksel pada citra dan x_i mewakili nilai piksel ke- i pada citra, maka :

$$M = \mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

b. Varians/momen kedua/*variance*:

adalah nilai anggota kelompok data pada suatu distribusi, yang menyebar di sekitar parameter rerata :

$$V = \sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \quad (2)$$

c. Kemencengan/momen ketiga/*skewness*:

adalah ukuran ketidaksimetrisan. Ukuran ini menunjukkan pergeseran bentuk histogram dari bentuk standar distribusi normal:

$$S = \frac{1}{(n-1)} \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^3}{\sigma^3} \quad (3)$$

d. Keruncingan/momen keempat/*kurtosis*:

adalah ukuran lebar-sempitnya sebaran nilai histogram suatu kurva jika dibandingkan terhadap kurva normal :

$$K = \frac{1}{(n-1)} \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^4}{\sigma^4} - 3 \quad (4)$$

Pemilihan Sampel Obyek Permukiman

Pencuplikan sampel obyek permukiman dapat dilaksanakan setelah dilakukan proses pra-pengolahan atas citra foto-udara. Proses pra-pengolahan ini meliputi konversi format rekam dari analog ke digital, koreksi geometrik, dan koreksi radiometrik.

Digitalisasi format rekam citra foto-udara dilakukan dengan perangkat pemindai (*scanner*) bersensor optik jenis CCD (*Charge Coupled Devices*), pada resolusi maksimum sebesar 600 dpi (*dots per inch*). Resolusi 600 dpi dipilih karena berdasarkan hasil perhitungan, resolusi ini masih dibawah spesifikasi citra foto-udara. Perhitungan dilakukan sebagai berikut (Warner dkk., 1997) :

Spesifikasi foto-udara yang digunakan beresolusi 40 pasang-garis per milimeter (*40 linepair per millimeter*).

Satu pasang garis dapat dimisalkan sebagai 2 piksel.

Ukuran 1 piksel adalah: $1 \text{ mm} \div 80 = 12 \mu\text{m}$.

Resolusi maksimum citra foto-udara: $25,4 \text{ mm} \div 12 \mu\text{m} = 2116 \text{ dpi}$.

Menurut Janssen and Huurneman (2001:128) dan Sutanto (1994:19), kontras (nilai gamma) citra foto-udara digital sangat bergantung pada beberapa faktor, antara lain: jenis film yang digunakan, jenis obyek yang diindera beserta kondisi lingkungan di sekitarnya, ketinggian terbang sistem perekam, proses pencucian film (terutama faktor waktu dan suhu), keanekaan sudut antara kamera, obyek, dan matahari, serta karakteristik atmosfer (serapan dan hamburan) saat dilakukan perekaman foto-udara. Berdasar keterangan ini, hasil penelitian dibatasi berlaku khusus pada bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian.

Setelah proses digitalisasi citra foto-udara, dilakukan koreksi geometrik menggunakan peta RBI (Rupa Bumi Indonesia) digital yang berskala 1:25000. Koreksi radiometrik juga dilakukan untuk menyamakan nilai keabuan obyek-obyek yang sama, yang berada pada lembar citra foto-udara yang berbeda.

Jika proses pra-pengolahan tersebut selesai dilakukan, maka pencuplikan sampel dapat dimulai. Pencuplikan dipilih secara acak (dalam cakupan lokasi penelitian) untuk luasan 100×100 meter persegi (120×120 piksel) berdasar hasil delineasi langsung di layar komputer (*on-screen delineation*). Berdasar hasil delineasi, dapat diperoleh nisbah antara luas seluruh poligon bangunan dengan luas cuplikan. Nisbah ini selanjutnya diperbandingkan dengan parameter spasial untuk menentukan kelas kepadatan cuplikan sampel.



Gambar 1. Contoh sampel-acu untuk setiap kelas kepadatan permukiman.

Seluruh sampel cuplikan berjumlah 60 buah, kemudian dibagi dua menjadi 30 sampel-acu dan 30 sampel-uji. Sampel-acu dibagi lagi ke dalam tiga kelas yaitu 10 sampel kelas padat, 10 sampel kelas sedang, dan 10 sampel kelas jarang. Demikian pula dilakukan atas sampel-uji. Setiap cuplikan sampel dianalisis menggunakan perangkat-lunak Matlab (versi 7) agar diperoleh histogramnya. Histogram ini kemudian dimodelkan ke dalam empat parameter statistik yaitu rerata, varians, kemencengan, dan keruncingan.

Penyusunan Skenario Klasifikasi Spektral Obyek Permukiman

Ada dua skenario klasifikasi yang akan diterapkan atas sampel-sampel kepadatan permukiman. Pertama adalah klasifikasi jarak minimum terhadap nilai rerata kelas (*minimum distance to mean*). Persamaan matematis untuk klasifikasi ini adalah:

$$d(x, m_i)^2 = (x - m_i)'(x - m_i) \quad (5)$$

dengan: $i = 1, 2, \dots, n$.

d adalah jarak (*distance*), x adalah sampel-uji yang akan diklasifikasi, m_i adalah rerata kelas ke- i , dan n adalah banyaknya kelas.

Berdasar analisis sementara, nilai varians setiap kelas tidak sama. Ketidaksamaan ini berpotensi untuk menghasilkan tumpang-tindih poligon kelas. Untuk itu digunakan skenario kedua, yaitu klasifikasi jarak Mahalanobis dimana nilai varians setiap kelas disertakan dalam perhitungan jarak (Duda dan Hart, 1973). Persamaan matematis untuk klasifikasi ini adalah:

$$d(x, m_i)^2 = (x - m_i)' \Sigma^{-1} (x - m_i), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

dengan: d menyatakan jarak (*distance*), x adalah sampel-uji yang akan diklasifikasi, m_i adalah rerata kelas ke- i , Σ^{-1} adalah invers matriks kovarians kelas yang bersangkutan, n adalah banyaknya kelas.

Proses klasifikasi dilakukan secara bertahap, dimulai dari klasifikasi berdasar satu parameter statistik saja, dilanjutkan klasifikasi berdasar kombinasi dua parameter statistik, dan diakhiri dengan klasifikasi berdasar kombinasi empat parameter statistik. Untuk kombinasi empat parameter statistik, dilakukan pereduksian dengan transformasi PCA (*Principal Component Analysis*) karena berdimensi tinggi dan menyulitkan penayangan hasil klasifikasi.

Klasifikasi berdasar kombinasi tiga parameter statistik tidak dilakukan, karena tidak dapat dilakukan penayangan hasil atas klasifikasi ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Histogram setiap cuplikan sampel dimodelkan ke dalam empat parameter statistik. Hasil pemodelan ini dapat ditabulasikan ke dalam matriks berikut ini.

Tabel 1 Hasil perhitungan parameter statistik atas sampel-acu.

Sampel-Acu	RERATA	VARIANS	KEMENCENGAN	KERUNCINGAN
x1	180,87	1.208,90	-1,214	3,668
x2	166,67	996,98	-0,768	3,005
x3	188,41	799,54	-1,125	3,923
x4	174,13	998,57	-1,005	3,446
x5	190,41	851,92	-1,392	4,329
x6	189,06	791,45	-1,243	3,902
x7	180,02	1.385,00	-1,089	3,584
x8	188,24	847,51	-1,445	5,027
x9	168,35	1.162,90	-0,492	2,786
x10	161,31	1.214,90	-0,866	3,055
y1	151,35	1.667,00	-0,131	2,327
y2	154,52	1.365,20	-0,593	2,658
y3	155,10	1.987,70	-0,397	2,199
y4	141,71	1.877,10	-0,581	2,542
y5	174,56	1.784,00	-0,917	3,071
y6	160,67	1.427,20	-0,526	2,760
y7	149,57	1.539,30	-0,283	2,238
y8	170,52	2.152,20	-0,938	3,143
y9	142,16	1.808,40	-0,426	2,205
y10	154,58	1.665,70	-0,733	2,569
z1	153,21	876,64	-0,371	4,149
z2	140,17	999,57	-0,354	3,956
z3	161,01	646,17	-0,322	2,846
z4	139,57	1.097,10	0,397	2,690
z5	133,20	1.630,50	-0,062	2,286
z6	140,30	1.303,70	-0,294	2,944
z7	151,83	1.132,70	0,644	3,218
z8	134,07	847,06	0,483	4,490
z9	142,05	920,05	-0,132	3,073
z10	138,44	1.170,90	0,312	2,690

Hasil klasifikasi (jarak minimum atau jarak Mahalanobis) atas sampel-acu dapat digunakan sebagai pengklasifikasi (*classifier*) atas sampel-uji jika dan hanya jika tidak terjadi kesalahan klasifikasi atas sampel-acu tersebut (tingkat kebenaran 100%).

Tabel 2. Hasil klasifikasi atas sampel-acu

Jumlah Parameter	Parameter Klasifikasi	Skenario	% Salah Klasifikasi		
			Padat	Sedang	Jarang
Satu Parameter Saja	Rerata	Minimum	20	50	40
		Mahalanobis	20	50	40
	Varians	Minimum	70	10	40
		Mahalanobis	70	0	60
	Kemencengan	Minimum	20	30	40
		Mahalanobis	20	40	20
	Keruncingan	Minimum	40	20	70
		Mahalanobis	40	20	50
Kombinasi Dua Parameter	Rerata dan Varians	Minimum	0	0	0
		Mahalanobis	0	0	0
	Rerata dan Kemencengan	Minimum	30	30	40
		Mahalanobis	30	40	10
	Rerata dan Keruncingan	Minimum	30	30	20
		Mahalanobis	10	30	10
	Varians dan Kemencengan	Minimum	0	0	0
		Mahalanobis	10	0	10
	Varians dan Keruncingan	Minimum	40	0	30
		Mahalanobis	30	0	50
	Kemencengan dan Keruncingan	Minimum	30	20	20
		Mahalanobis	10	30	0
Empat Parameter	Reduksi dimensi dan Transformasi PCA	Minimum	0	0	0
		Mahalanobis	0	0	0

Berdasar analisis yang dilakukan dengan perangkat-lunak Matlab, sampel-acu yang dapat digunakan sebagai pengklasifikasi atas sampel-uji.

- Klasifikasi berdasar kombinasi parameter rerata dan varians, dengan algoritma jarak minimum dan jarak Mahalanobis.
- Klasifikasi berdasar kombinasi parameter varians dan kemencengan, dengan algoritma jarak minimum.
- Klasifikasi berdasar hasil reduksi dimensi dan transformasi PCA, dengan algoritma jarak minimum dan jarak Mahalanobis.

Setelah didapatkan skenario klasifikasi yang akan difungsikan sebagai pengklasifikasi atas sampel-uji, klasifikasi dapat dilakukan atas sampel-uji tersebut. Namun sebelum dilakukan klasifikasi, histogram sampel-uji dimodelkan dulu dengan parameter-parameter statistik dan ditabulasikan ke dalam matriks berikut ini.

Tabel 3. Hasil perhitungan parameter statistik atas sampel-uji.

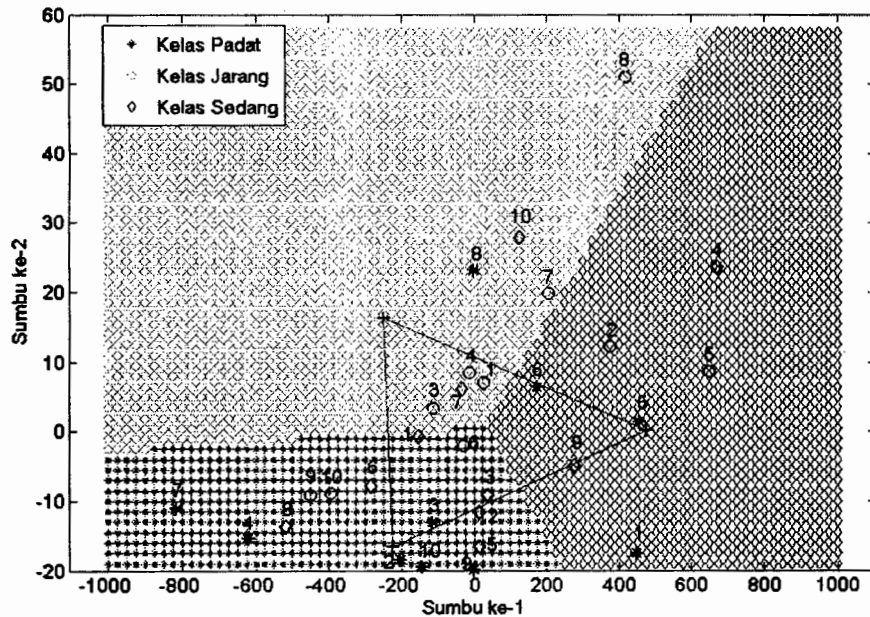
Sampel-Uji	RERATA	VARIANS	KEMENCENGAN	KERUNCINGAN
x11	168,360	1873,40	-0,91420	2,7120
x12	175,180	1222,70	-0,89191	3,1504
x13	168,960	1312,10	-1,03310	3,1630
x14	175,990	804,58	-0,76307	3,1624
x15	149,300	1882,50	-0,25985	2,0760
x16	146,900	1600,10	-0,28737	2,2490
x17	173,490	610,78	-0,80063	3,4626
x18	131,730	1426,00	0,03396	2,1069
x19	174,830	1425,90	-0,55491	2,5360
x20	175,650	1282,00	-0,93252	3,1671
y11	156,980	1273,70	-0,66545	2,8046
y12	166,390	1440,80	-0,52993	2,3777
y13	163,660	1462,80	-0,83328	2,8353
y14	125,040	2096,80	-0,06474	1,9701
y15	171,300	1440,60	-0,54105	2,5502
y16	165,370	1143,80	-0,12791	2,2566
y17	149,060	1394,80	-0,03345	2,3656
y18	173,370	908,68	-0,50337	2,9787
y19	157,230	1705,00	-0,40456	2,1818
y20	125,940	1552,20	0,25652	2,2135
z11	147,540	1452,10	-0,66329	3,1499
z12	139,220	1801,80	-0,34182	2,4245
z13	152,590	1312,40	0,26157	3,0639
z14	146,600	1412,70	-0,13614	2,7362
z15	140,250	2076,10	-0,35600	2,3078
z16	157,220	1396,10	-0,45505	2,7899
z17	133,200	1630,50	-0,06170	2,2863
z18	99,991	1843,90	0,46417	2,4315
z19	168,200	977,06	-0,38546	2,6266
z20	167,390	1031,50	-0,85355	3,7104

Hasil pemodelan histogram ke dalam nilai-nilai parameter statistik di atas dapat langsung diklasifikasi menggunakan referensi pengklasifikasi terpilih hasil analisis atas sampel-acu (lihat Tabel 2). Hasil klasifikasi atas sampel-uji dengan berdasar atas referensi pengklasifikasi sampel-acu dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil klasifikasi atas sampel-uji

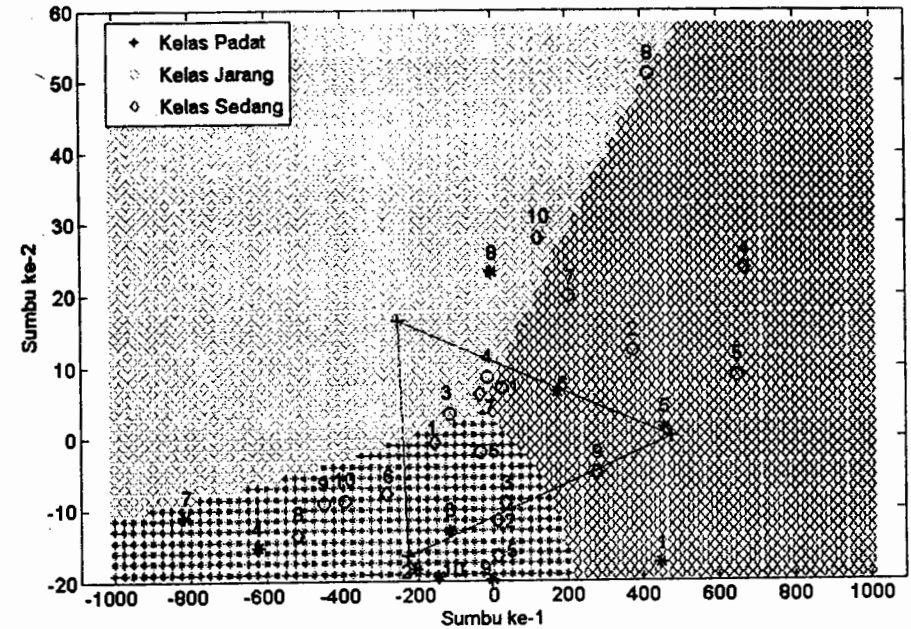
Parameter Klasifikasi	Skenario	% Salah Klasifikasi		
		Padat	Sedang	Jarang
Rerata dan Varians	Minimum	40	80	50
	Mahalanobis	40	80	70
Varians dan Kemencengan	Minimum	40	80	70
Reduksi dimensi dan Transformasi PCA	Minimum	40	80	50
	Mahalanobis	40	80	70

Keluaran rutin program Matlab untuk skenario klasifikasi berdasar reduksi dimensi dan transformasi PCA atas sampel-uji yang bereferensi kepada hasil klasifikasi atas sampel-acu dengan skenario klasifikasi yang sama, dapat dicontohkan sebagai berikut.



Gambar 2. Hasil klasifikasi sampel-uji berdasar reduksi dimensi dan transformasi PCA, dengan algoritma Jarak Mahalanobis.

Jumlah Semua Sampel-Uji = 30 buah
 Jumlah Sampel-Uji yang terklasifikasi salah sebagai berikut:
 Kelas Padat = 40.000000 %
 Kelas Sedang = 80.000000 %
 Kelas Jarang = 50.000000 %
 Persentase Total Salah Klasifikasi = 56.666667 %



Gambar 3. Hasil klasifikasi sampel-uji berdasar reduksi dimensi dan transformasi PCA, dengan algoritma Jarak Mahalanobis.

Jumlah Semua Sampel-Uji = 30 buah
 Jumlah Sampel-Uji yang terklasifikasi salah sebagai berikut:
 Kelas Padat = 40.000000 %
 Kelas Sedang = 80.000000 %
 Kelas Jarang = 70.000000 %
 Persentase Total Salah Klasifikasi = 63.333333 %

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah bahwa skenario klasifikasi yang disusun untuk memisahkan sampel-sampel obyek permukaan berdasar spesifikasi statistik tekstur orde pertama, belum memuaskan. Harus dicari skenario klasifikasi lain dan spesifikasi lain untuk mendapatkan tingkat keterpisahan kelas-kelas sampel yang lebih baik. Penggunaan algoritma jarak Mahalanobis yang diperkirakan dapat memperbaiki kelemahan algoritma jarak minimum (akibat ketidakseragaman varians), tidak memberikan hasil yang lebih baik. Hal ini terbukti dari tingkat kesalahan klasifikasi dengan algoritma jarak Mahalanobis yang lebih besar jika

dibandingkan dengan tingkat kesalahan klasifikasi dengan algoritma jarak minimum. Pada skenario klasifikasi dengan algoritma jarak Mahalanobis, kesalahan klasifikasi meningkat dari 50% (jika digunakan algoritma jarak minimum) menjadi 70% pada sampel-uji kelas jarang. Penelitian ini dapat dilanjutkan pada cakupan citra foto-udara yang lebih luas daripada cuplikan yang telah dilakukan (100 x 100 meter persegi). Semakin luas cakupan cuplikan penelitian, diperkirakan akan memberi hasil klasifikasi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ditjen Cipta Karya, 1986, *Pedoman Teknik Pembangunan Perumahan Sederhana Tidak Bersusun*, Direktorat Perumahan, Departmen PU, Jakarta.
- Duda, R.O., and P.E. Hart, 1973, *Pattern Classification and Scene Analysis*, Stanford Research Institute, Menlo Park, California, John Wiley & Sons.
- Hart, D., D. Tamsett, and J. Cameron, 2002, *Textural Rather than Spectral Approach to Mapping Seagrass on Aerial Photographs*, 11th Australasian Remote Sensing and Photogrammetry Conference, Brisbane, Australia.
- Janssen, L.L.F. and G.C. Huurneman, 2001, *Principles of Remote Sensing*, ITC Educational Textbook Series 2, Enschede, Netherlands.
- Spiegel, M.R., 1981, *Theory and Problems of Statistics*, Schaum's Outline Series, McGraw-Hill International Book Company, Singapore.
- Sutanto, 1994, *Penginderaan-jauh Jilid II*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Warner, W.S., R.W. Graham, R.E. Read, 1997, *Small Format Aerial Photography*, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Maryland.