

Editor :

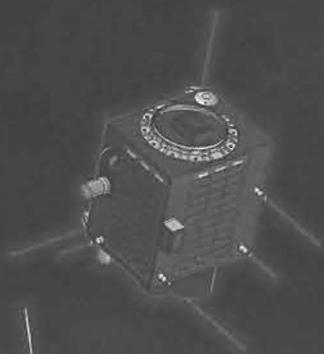
Abdul Rahman

Robertus Heru Triharjanto



PENGEMBANGAN SATELIT MIKRO LAPAN

Sistem, Subsystem, dan Misi Operasi



PEMANFAATAN KANAL TAMPAK MATA DAN INFRAMERAH DEKAT UNTUK KLASIFIKASI PENUTUPAN LAHAN

Khursatul Munibah, Boedi Tjahjono

Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB

Email: khursamun@yahoo.co.id, boedi_tj@yahoo.com

Abstrak

Citra Satelit LAPAN A3/IPB akan menggunakan kanal tampak mata dan inframerah dekat yang panjang gelombang elektromagnetiknya sama dengan citra Landsat. Penelitian ini menggunakan kanal tampak mata dan inframerah dekat dari citra Landsat untuk klasifikasi penutupan lahan dalam rangka untuk mendukung pengembangan Satelit LAPAN A3/IPB. Tujuannya adalah analisis karakteristik spektral dari kanal tampak mata dan inframerah dekat untuk klasifikasi penutupan lahan dan analisis akurasi terhadap ketiga teknik klasifikasi dengan didasarkan pada koefisien kappa. Pemilihan kombinasi kanal didasarkan pada nilai OIF. Teknik klasifikasi yang digunakan adalah *parallelepiped*, *minimum distance*, dan *maximum likelihood*. Hasil menunjukkan bahwa (1) karakteristik kanal 2 dan 3 relatif mirip yang ditunjukkan dengan selisih nilai rata-rata dan nilai standar deviasi yang kecil, (2) *parallelepiped* memiliki nilai akurasi tertinggi pada kombinasi kanal 234 dengan batas bawah dan atasnya adalah $\mu \pm 2^*$, (3) *minimum distance* dan *maximum likelihood* memiliki nilai akurasi tertinggi pada kombinasi kanal 1234, (4) *maximum likelihood* memiliki nilai akurasi yang paling tinggi.

Kata kunci: *Landsat, parallelepiped, minimum distance, maximum likelihood*

Abstract

Satellite LAPAN A3/IPB will use visible and infrared band that its electromagnetic wave length is the same with Landsat imagery. This research use visible and near infrared band for classification of land cover, in term

of supporting for development of Satelit LAPAN A3/IPB. The purpose are to analyze the spectral characteristics of visible and infrared band and to analysis the accuracy of classification techniques (for land cover) based on the kappa coefficient. Optimum Index Factor (OIF) is used to determine the combination of band which provides the best contrast. The land cover classification techniques used are *parallelepiped*, *minimum distance*, and *maximum likelihood*. The results showed that (1) the spectral characteristics of Landsat band 2 and 3 are relatively similar shown by a small different between its mean value and have small standard deviation value, (2) the highest accuracy of *parallelepiped* is on combination of band 234 where the upper and lower limit are $\mu \pm 2 * Std$, (3) the highest accuracy value of *minimum distance* and *maximum likelihood* is on combination of band 1234, and finally (4) the highest accuracy values is *maximum likelihood*.

Keywords: *Landsat, parallelepiped, minimum distance, maximum likelihood*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) sedang mengembangkan Satelit Lapan A2/Orari dan Lapan A3/IPB, setelah sukses meluncurkan Satelit Lapan Tubsat pada 10 Januari 2007. Satelit Lapan A3/IPB yang rencana diluncurkan pada tahun 2014 memiliki fungsi yang sangat strategis terkait dengan kemampuannya untuk dapat mengamati perkembangan lahan pertanian. UU RI No.41 Tahun 2009 tentang Perlindungan Lahan Pertanian Berkelanjutan, maka citra Satelit Lapan A3/IPB ini akan sangat membantu dalam implementasi UU tersebut.

Lapan A3/IPB direncanakan menggunakan 4 kanal, yaitu kanal tampak mata (biru, hijau, dan merah) dan inframerah dekat dengan resolusi spasial 18 m (120 km *swath width*) dan 6 m (12 x 12 km) (LAPAN 2012). Panjang gelombang kanal biru, hijau, merah, dan inframerah masing-masing (0,45–0,52) μm , (0,52–0,60) μm , (0,63–0,69) μm , dan (0,76–0,90) μm (LAPAN 2012). Panjang gelombang dari kanal citra Satelit Lapan A3/IPB sama dengan citra Landsat, tetapi resolusi spasialnya yang berbeda.

Saat ini, teknik klasifikasi data penginderaan jauh telah berkembang dengan pesat. Pada Tahun 1996, teknik klasifikasi yang banyak digunakan adalah *parallelepiped*, *minimum distance* dan *maximum likelihood*. Pada tulisan ini, teknik klasifikasi tersebut dilakukan kembali pada citra Landsat dengan mengombinasikan jumlah kanal yang digunakan untuk klasifikasi. Bila

teknik ini diaplikasikan pada citra Satelit Lapan A3/IPB kemungkinan akan diperoleh hasil yang relatif sama, tetapi perlu dicermati pengaruh dari resolusi spasial yang berbeda di antara keduanya.

Teknik klasifikasi *parallelepiped*, *minimum distance*, dan *maximum likelihood* mengklasifikasi nilai piksel yang merupakan fungsi dari tingkat kesensitifan panjang gelombang elektromagnetik terhadap objek. Pada dasarnya, setiap objek memiliki karakteristik dan respon yang berbeda terhadap suatu panjang gelombang elektromagnetik dan panjang gelombang elektromagnetik tertentu memiliki respon yang berbeda ketika berinteraksi dengan objek. Namun demikian, masih sering dijumpai objek yang sama memiliki nilai piksel yang berbeda dan sebaliknya objek yang berbeda memiliki nilai piksel yang sama pada data citra. Banyak faktor yang memengaruhi hal tersebut seperti kondisi atmosfer, azimuth matahari, sudut ketinggian matahari, arah relatif sensor terhadap nadir, dan konsisi objek tersebut (Modelina dan As-syakur 2012). Tingkat akurasi dari hasil klasifikasi ini dinilai melalui analisis *Koefisien Kappa*.

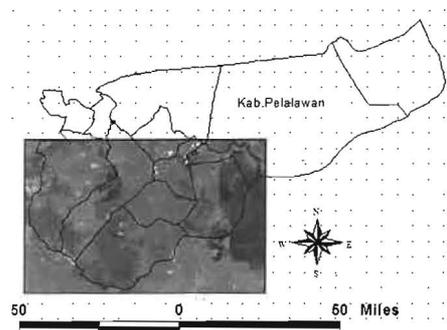
1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan:

1. analisis karakteristik spektral citra Landsat pada kanal tampak mata dan inframerah untuk klasifikasi penutupan lahan
2. analisis akurasi teknik klasifikasi untuk penutupan lahan didasarkan pada *koefisien kappa*

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian



Lokasi penelitian terletak di wilayah Kabupaten Pelalawan di bagian Barat (Gambar 1) dengan koordinat (102°30'0" BT, 0°15'36" LU) - (102°34'48" BT, 0°15'36" LU) dan (102°30'0" BT, 0°25'12" LS) - (102°34'48" BT, 0°25'12" LU)

Gambar 1 Lokasi Penelitian

2.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Landsat yang diakuisisi pada 16 Oktober 2010, Peta RBI skala 1:50.000 dan Peta Penggunaan Lahan Kabupaten Pelalawan tahun 2007. Adapun alat yang digunakan adalah seperangkat komputer yang dilengkapi dengan software ENVI 4.4. dan Arview 3.3.

2.3 Metodologi

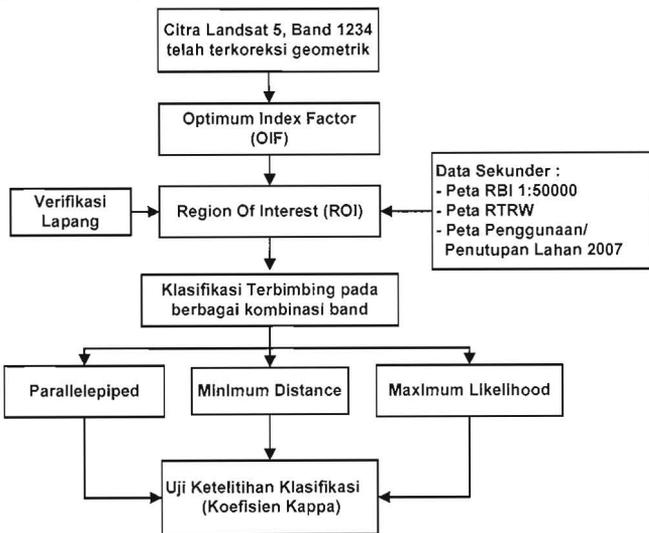
Penelitian ini terbagi dalam 3 tahapan analisis, yaitu kombinasi kanal, klasifikasi terbimbing, dan akurasi hasil klasifikasi (Gambar 2).

Kombinasi kanal. Untuk penggunaan umum, tanpa spesifikasi tertentu, Chavez *et al.* (1982) dalam Jensen (1996) mengembangkan konsep optimum index faktor (OIF) untuk menilai informasi yang disajikan pada citra dari berbagai kombinasi kanal yang digunakan. Rumus OIF adalah sebagai berikut.

$$OIF = \sum_{(k=1)}^3 S_k \sum_{(j=1)}^3 Abs(r_{kj}) \dots\dots\dots(1)$$

Di mana : S_k adalah standar deviasi untuk kanal k ; r_{kj} adalah nilai absolut dari koefisien korelasi antara dua dari tiga kanal yang akan dievaluasi.

Tiga kombinasi kanal dengan nilai OIF tertinggi pada umumnya memiliki lebih banyak informasi. Semakin tinggi nilai standar deviasi berarti semakin banyak informasi yang ditampilkan pada citra, sedangkan semakin kecil nilai koefisien korelasi berarti semakin kecil duplikasi informasi dari kedua kanal tersebut (Jensen 1996)



Gambar 2 Tahapan penelitian

Region Of Interest (ROI) adalah bagian dari citra yang dipilih sebagai representasi tipe penutupan lahan yang diwakilinya. Oleh karena itu, perlu dilakukan verifikasi lapang dan didukung dengan data sekunder untuk mendapatkan kebenaran tipe penutupan lahannya. Pemilihan ROI pada citra hendaknya dipilih yang homogen supaya diperoleh hasil klasifikasi dengan kualitas yang tinggi.

Klasifikasi dengan pendekatan *parallelepiped* adalah klasifikasi yang didasarkan pada nilai standar deviasi dari nilai rata-rata untuk setiap kelas (*Region Of Interest/ROI*) pada setiap kanalnya (Jensen 1996). Rumus untuk penentuan batas kelas adalah:

$$\mu_{ck} - Std_{ck} \leq BV_{ijk} \leq \mu_{ck} + Std_{ck} \dots\dots\dots(2)$$

Di mana: μ adalah nilai rata-rata, c adalah jumlah kelas penutupan lahan, k adalah jumlah kanal, BV adalah nilai piksel, S adalah standar deviasi, dan ij adalah kolom dan baris dari lokasi piksel yang dievaluasi.

Dalam klasifikasi ini untuk semua kanal nilai piksel dikelaskan dalam suatu kelas tertentu jika nilai piksel tersebut berada dalam kisaran antara batas bawah dan atas dari ROI kelas tersebut. Jika nilai piksel tidak memenuhi syarat tersebut, nilai piksel itu termasuk dalam kelas *unclassified*. Dalam penelitian ini, penentuan batas bawah dan atas dibuat 5 model yaitu (1) $\mu \pm 1^*$; (2) $\mu \pm 2^*$; (3) $\mu \pm 3^*$; (4) $\mu \pm 4^*$ dan (5) $\mu \pm 5^*$.

Klasifikasi dengan pendekatan *minimum distance* adalah klasifikasi yang didasarkan pada jarak minimum dari nilai rata-rata pada setiap kelas (*Region Of Interest/ROI*) (Jensen 1996). Jarak dihitung berdasarkan pada jarak *Auclidean*, yaitu:

$$D_{a-b} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - b_i)^2} \dots\dots\dots(3)$$

Di mana: adalah jarak nilai *piksel* yang dievaluasi (a) dengan rata-rata nilai piksel pada setiap kelas (*Region Of Interest/ROI*), i adalah kanal ke- i , dan n adalah jumlah kanal.

Klasifikasi dengan pendekatan *maximum likelihood* adalah klasifikasi yang mengasumsikan bahwa nilai statistik untuk setiap kelas pada setiap kanal terdistribusi secara normal dan menghitung nilai probabilitas suatu piksel untuk dikelompokkan pada kelas tertentu (Jensen 1996). Rumus dari klasifikasi *maximum likelihood* adalah:

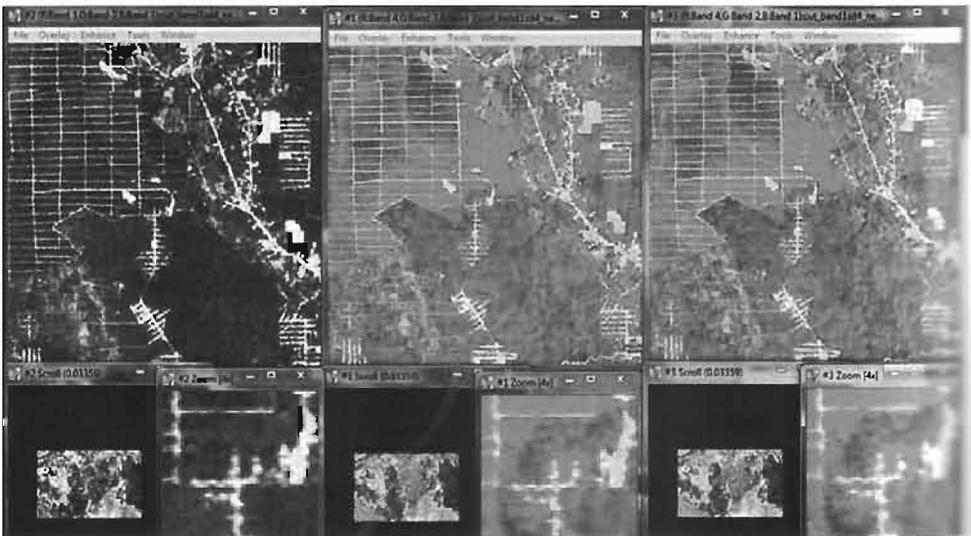
$$P_c = \{-0,5 \log_c [\det(V_c)]\} - [0,5(X-M_c)^T V_c^{-1}(X-M_c)] \dots\dots\dots(4)$$

Di mana: P_c adalah probabilitas suatu piksel (*unknown* pixel) terhadap kelas c , $\det(V_c)$ adalah determinan dari matriks kovarian V_c , V_c adalah matriks kovarian dari kelas c , M_c adalah matriks rata-rata dari kelas c , X adalah vektor dari piksel yang akan diklasifikasi (*unknown* pixel), T adalah transpose matriks.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kombinasi Citra Landsat

Berdasarkan pada analisis faktor indeks optimum (OIF), diperoleh hasil bahwa nilai OIF tertinggi (23,66) dimiliki oleh kombinasi kanal 432 (RGB) yang disusul dengan kombinasi kanal 421 (RGB) dan 321 (RGB) dengan masing-masing nilai OIF 21,50 dan 10,14. Namun, nilai OIF antara kombinasi 432 (RGB) dengan 421 (RGB) tidak berbeda jauh, hal ini menunjukkan bahwa kombinasi kanal 432 (RGB) dan 421 (RGB) memberikan tampilan objek yang mirip dengan tingkat kekontrasan tidak berbeda nyata (Gambar 3).



Gambar 3 Tampilan citra landsat (a) 321 (RGB), (b) 432 (RGB) dan (c) 421 (RGB)

3.2 Nilai Statistik dari Citra Landsat Kanal 1234

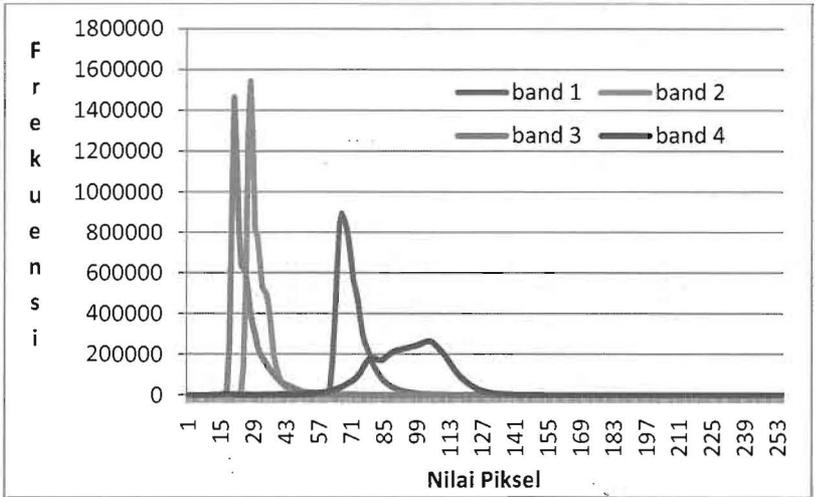
Secara statistik, kisaran nilai piksel untuk semua kanal adalah sama, yaitu 0–255, tetapi nilai rata-rata dan standar deviasinya yang berbeda antara kanal yang satu dengan kanal lainnya (Tabel 1). Histogram dari masing-masing kanal disajikan pada Gambar 4.

Tabel 1 Nilai statistik citra landsat kanal 1234

Kanal	Min	Max	Mean	Std
Kanal 1	0	255	71	11,92
Kanal 2	0	255	31	6,63
Kanal 3	0	255	26	8,92
Kanal 4	0	255	94	19,79

Berdasarkan Tabel 1, dapat dinyatakan bahwa antara kanal 2 dan kanal 3 memiliki tingkat kekontrasan yang tidak jauh berbeda, sehingga memberikan tampilan yang mirip. Hal ini dapat ditunjukkan dari nilai rata-rata yang hampir sama dan standar deviasi yang kecil. Fenomena itu juga nampak pada histogram (Gambar 4), di mana puncak histogram dari kanal 2 dan 3 relatif berdekatan dan sebagian dari histogram saling tumpang tindih. Namun demikian, kanal 2 dan 3 memberikan tingkat kekontrasan yang nyata bila dikanalalkan dengan kanal 1 atau pun kanal 4. Hal ini dapat dilihat dari selisih masing-masing nilai rata-rata dan standar deviasi antara kanal 2 atau 3 dengan kanal 1 atau 4, yang relatif lebih tinggi.

Untuk kanal 1 dan 4, walaupun sebagian histogramnya saling tumpang tindih, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap tingkat kekontrasan tampilan citra, karena tingkat kekontrasan lebih dominan dipengaruhi oleh perbedaan nilai rata-rata dan standar deviasi kedua kanal tersebut. Oleh karena itu, untuk memperoleh tampilan yang kontras pada citra Landsat dapat dipilih kombinasi kanal 421 (RGB) atau 432 (RGB). Hal ini sesuai dengan hasil analisis OIF (subbab 3.1.)



Gambar 4 Histogram nilai piksel citra landat kanal 1234

3.3 Nilai Statistik dari *Region of Interest* (ROI)

Tipe penutupan di daerah penelitian dapat dibedakan menjadi 11 kelas, yaitu hutan rawa (Htrw), hutan (Ht), hutan akasia (Htaks), perkebunan kelapa sawit yang berbeda umur (Pswt1, Pswt2, Pswt3), permukiman (Pkm), pertanian lahan kering (Pertkrgr), semak belukar (Smb), tanah terbuka (Tterbk), dan tubuh air (Tair). Dengan demikian, penelitian ini memiliki 11 *Region Of Interest* (ROI) dengan nilai statistik seperti disajikan pada Tabel 2 dan histogram pada Gambar 5.

Dalam hal ini puncak dari histogram seperti terlihat pada Gambar 5 menunjukkan tipe penutupan lahan yang dominan (Jensen 1996). Pada Gambar 5 dapat juga diamati bahwa histogram dari beberapa ROI memiliki lebih dari satu puncak histogram (misalnya ROI_htaks) dan kisaran nilai piksel yang terlalu lebar (misalnya ROI_pkm) sehingga terjadi saling berpotongan antar ROI. Hal ini yang memengaruhi kualitas hasil klasifikasi

Tabel 2. Nilai statistik dari *region of interest* pada setiap kanal

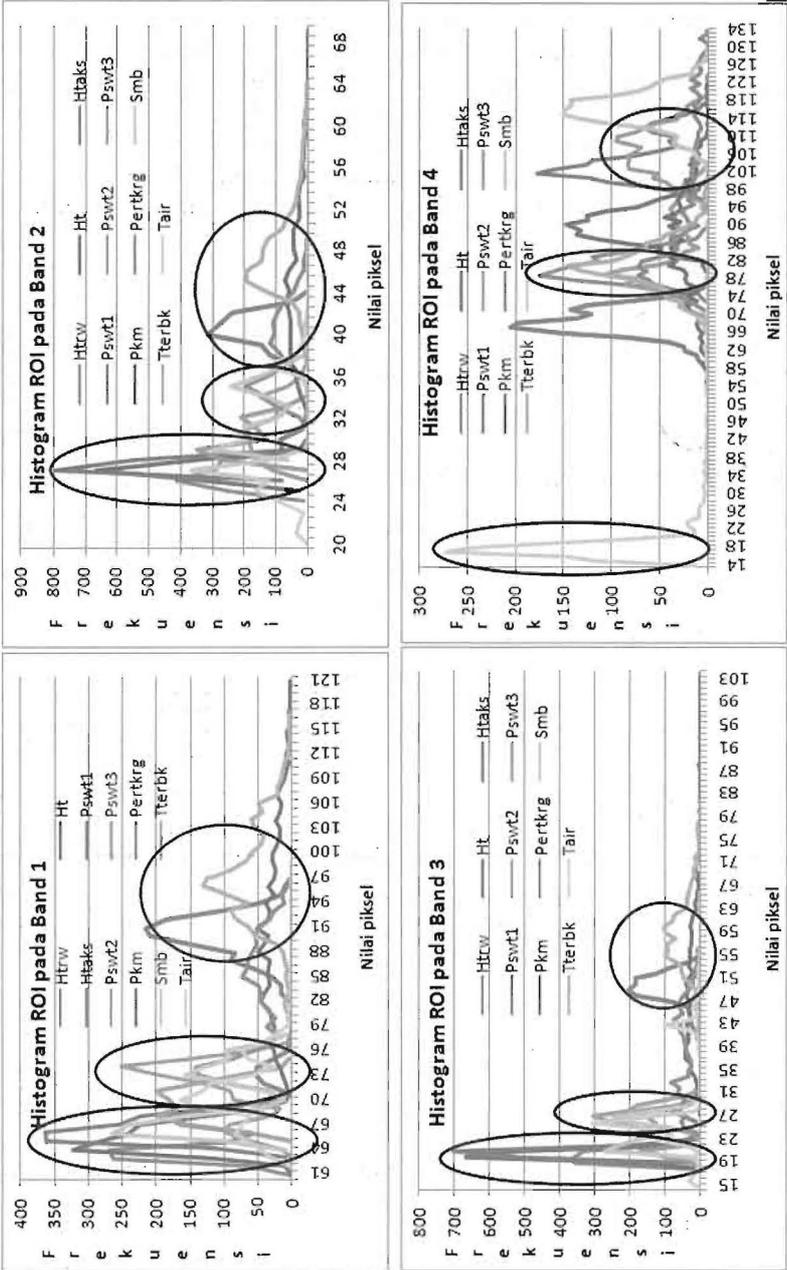
Kanal	Statistik	Htrw	Ht	Htaks	Pswt1	Pswt2	Pswt3	Pkm	Pertkrgr	Smb	Tterbuka	Tair
	Jml piksel	1240	1387	1427	1456	1274	1213	1089	1332	1473	1388	1217
	Min	61	61	71	63	62	65	71	70	64	79	62
1	Maks	71	71	97	70	78	75	121	97	78	117	96
	Rataan	65	65	88	66	71	70	91	81	70	97	78

Tabel 2. Nilai statistik dari *region of interest* pada setiap kanal (lanjutan)

Kanal	Statistik	Htrw	Ht	Htaks	Pswt1	Pswt2	Pswt3	Pkm	Pertkrgr	Smb	Tterbuka	Tair
2	Stdev	2,35	1,65	6,17	1,47	3,33	2,04	10,35	7,07	3,86	6,02	4,21
	Min	24	25	29	26	26	27	32	31	28	37	20
	Maks	29	30	44	29	37	34	69	49	38	64	56
	Rataan	26	27	39	27	31	30	45	38	32	48	28
	Stdev	1,07	0,8	3,92	0,63	2,5	1,65	6,99	3,68	2,76	4,06	5,19
3	Min	18	18	26	18	19	23	27	24	20	37	15
	Maks	24	22	56	24	31	32	104	57	30	82	66
	Rataan	20	20	46	21	25	27	50	38	24	59	29
	Stdev	1,15	0,72	7,74	0,73	2,8	1,63	11,45	8,12	2,58	6,75	8,53
	Min	73	78	55	94	93	68	54	71	102	66	14
4	Maks	90	102	77	118	124	104	122	134	130	101	91
	Rataan	81	90	68	105	107	84	87	92	116	81	20
	Stdev	2,92	3,77	3,18	4,82	5,27	8,6	11,52	15,61	4,35	5,3	8,26

Histogram dari ROI pada kanal 1, 2, dan 3 memiliki pola hampir sama (Gambar 4), di mana puncak histogram menggerombol pada tiga kelompok, yaitu (1) kelompok yang didominasi oleh puncak histogram Htaks, Tterbk, Pkm, Pertkrgr; (2) kelompok yang didominasi oleh puncak histogram Pswt2, Pswt3, Smb, Pertkrgr, dan Tair; dan (3) kelompok yang didominasi oleh puncak histogram Pswt1, Ht, Htrw, Smb. Penutupan lahan dalam satu kelompok relatif lebih sulit dipisahkan, tetapi lebih mudah dipisahkan dengan kelompok yang lain.

Fenomena yang berbeda nampak pada kanal 4, di mana puncak histogram dari tubuh air (Tair) terpisah dengan tegas dengan puncak histogram yang lain (Gambar 4). Hal ini menunjukkan bahwa kelas tubuh air dapat dengan mudah dipisahkan dari kelas penutupan lahan lainnya. Kelompok histogram Pkm, Tterbk, Pswt3, dan Pertkrgr relatif sulit dipisahkan karena kisaran nilai pikselnya saling *overlap*. Puncak histogram dari Htaks, Ht, Pswt1, Smb terpisah dengan cukup jelas, sehingga tipe penutupan lahan tersebut relatif mudah dibedakan. Pswt2 sulit dibedakan dengan Pswt3 dan Smb, karena memiliki kisaran nilai piksel yang saling *overlap*.



Gambar 5 Histogram dari region of interest pada setiap kanal

3.4 Klasifikasi Terbimbing dengan Pendekatan *Parallelepiped*

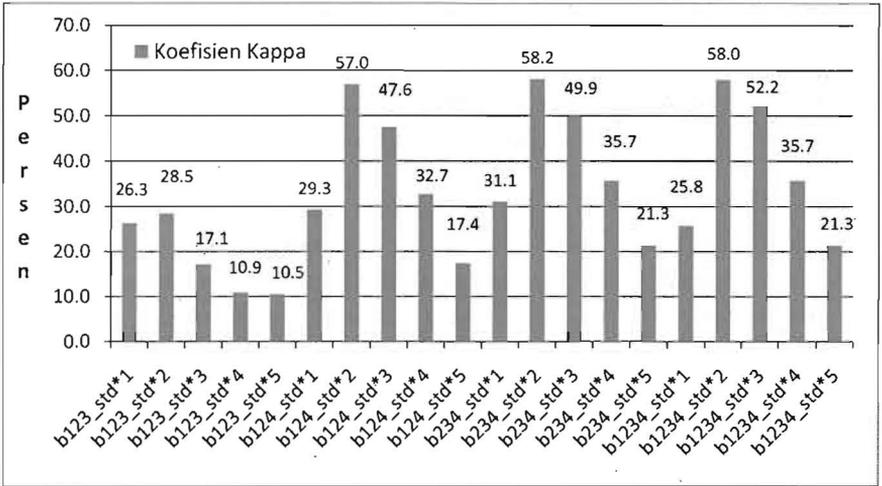
Pada penelitian ini dilakukan 5 model penentuan batas bawah dan atas untuk klasifikasi, yaitu (1) $\mu \pm 1^*$; (2) $\mu \pm 2^*$; (3) $\mu \pm 3^*$; (4) $\mu \pm 4^*$; dan (5) $\mu \pm 5^*$. Akurasi klasifikasi dari setiap model, disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 6.

Untuk akurasi klasifikasi *parallelepiped* dengan menggunakan kanal 1234, atau kanal 234 nilainya tidak berbeda jauh, tetapi nilai ini lebih tinggi daripada kombinasi kanal 124 ataupun 123. Semakin banyak jumlah kanal yang digunakan untuk klasifikasi, maka akurasinya semakin tinggi (Munibah 1998). Selain itu, kombinasi kanal dengan nilai OIF tinggi (234 atau 124) yang kemudian digunakan untuk klasifikasi ternyata memiliki akurasi yang tinggi juga dibandingkan dengan kombinasi kanal dengan OIF yang lebih rendah (123).

Tabel 3 Nilai akurasi hasil klasifikasi *parallelepiped*

Klasifikasi <i>Parallelepiped</i> dengan berbagai jumlah <i>band</i>	Batas kelas = $\mu \pm \text{std} * n$	Koefisien Kappa (%)	Klasifikasi <i>Parallelepiped</i> dengan berbagai jumlah <i>band</i>	Batas kelas = $\mu \pm \text{std} * n$	Koefisien Kappa (%)
Parallel_b123	Std*1	26,3	Parallel_b234	Std*1	31,1
	Std*2	28,5		Std*2	58,2
	Std*3	17,1		Std*3	49,9
	Std*4	10,9		Std*4	35,7
	Std*5	10,5		Std*5	21,3
Parallel_b124	Std*1	29,3	Parallel_b1234	Std*1	25,8
	Std*2	57,0		Std*2	58,0
	Std*3	47,6		Std*3	52,2
	Std*4	32,7		Std*4	35,7
	Std*5	17,4		Std*5	21,3

Pada Gambar 6 terlihat bahwa nilai akurasi tertinggi dari setiap kombinasi kanal yang digunakan untuk klasifikasi adalah model 2, yaitu mempunyai batas bawah dan atas yang didasarkan pada $\mu \pm 2^*$. Oleh karenanya model 2 ini yang akan dibandingkan dengan teknik klasifikasi yang lain.



Gambar 6 Grafik nilai akurasi hasil klasifikasi *parallelepiped*

3.5. Perbandingan Nilai Akurasi dari Ketiga Teknik Klasifikasi Terbimbing

Pada Tabel 4 dan Gambar 7, tampak bahwa teknik klasifikasi *maximum likelihood* memiliki akurasi yang paling tinggi dibandingkan dengan teknik klasifikasi yang lain. Fenomena ini terjadi pada semua kombinasi kanal yang digunakan untuk klasifikasi. Hal ini dikarenakan parameter yang digunakan untuk penetapan kelas penutupan lahan dengan teknik *maximum likelihood* lebih akurat dibandingkan dengan teknik yang lain.

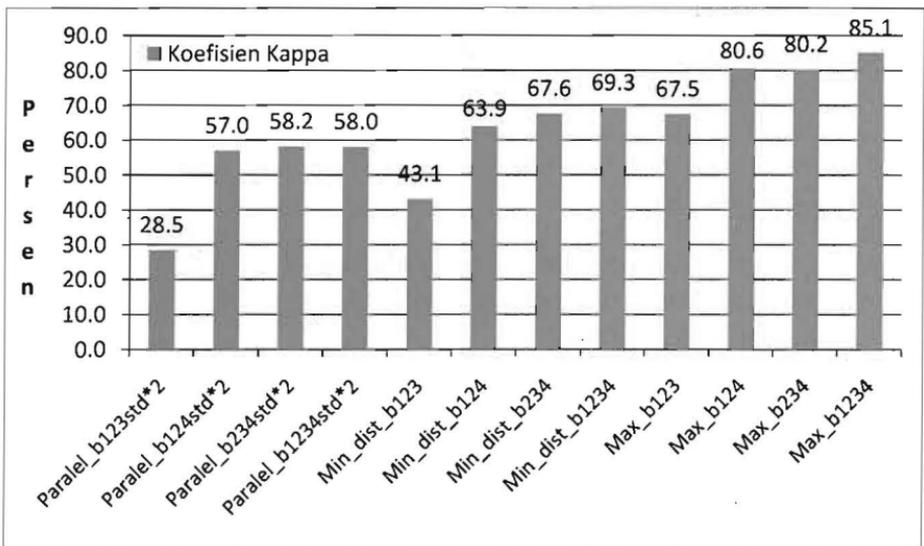
Pada Gambar 8 nampak bahwa hasil klasifikasi penutupan lahan dengan teknik *maximum likelihood* lebih sesuai dengan pola yang ada pada citra aslinya dibandingkan dengan kedua teknik yang lain. Hasil klasifikasi penutupan lahan dengan teknik *parallelepiped* masih dijumpai piksel yang tidak terklasifikasikan (*unclassified*) yang ditunjukkan dengan warna hitam.

Tabel 4 Nilai akurasi hasil klasifikasi *parallelepiped*, *minimum distance*, dan *maximum likelihood*

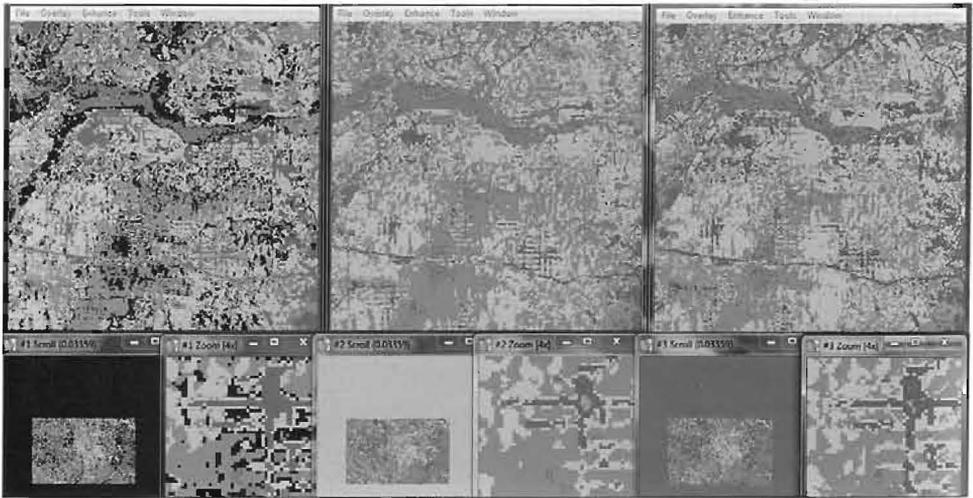
Teknik Klasifikasi	Koefisien Kappa (%)
Paralel_b123std*2	28,5
Paralel_b124std*2	57,0
Paralel_b234std*2	58,2

Tabel 4 Nilai akurasi hasil klasifikasi *parallelepiped*, *minimum distance*, dan *maximum likelihood* (lanjutan)

Teknik Klasifikasi	Koefisien Kappa (%)
Paralel_b1234std*2	58,0
Min_dist_b123	43,1
Min_dist_b124	63,9
Min_dist_b234	67,6
Min_dist_b1234	69,3
Max_b123	67,5
Max_b124	80,6
Max_b234	80,2
Max_b1234	85,1



Gambar 7 Grafik nilai akurasi hasil klasifikasi *parallelepiped* *minimum distance* dan *maximum likelihood*



Gambar 8 Hasil klasifikasi yang terbaik (a) *parallelepiped* kanal 234 dengan batas kelas $\mu \pm 2^*$, (b) *minimum distance* dengan kanal 1234 dan (c) *maximum likelihood* dengan kanal 1234

4. Kesimpulan

1. Karakteristik spektral citra Landsat pada kanal 2 dan kanal 3 relatif mirip yang ditunjukkan dengan nilai rata-rata yang tidak jauh berbeda dan standar deviasi yang kecil
2. Teknik klasifikasi *parallelepiped* yang memiliki nilai akurasi tertinggi adalah pada kombinasi kanal 234 dengan batas atas dan bawahnya adalah $\mu \pm 2^*$.
3. Teknik klasifikasi *minimum distance* dan *maximum likelihood* yang memiliki nilai akurasi tertinggi adalah kombinasi kanal 1234.
4. Teknik klasifikasi *maximum likelihood* memiliki nilai akurasi yang paling tinggi dibandingkan dengan teknik-teknik yang lain.

5. Saran

Disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan memakai teknik klasifikasi yang lain dan diaplikasikan untuk disiplin ilmu yang berbeda, seperti untuk persebaran sedimentasi

6. Daftar Pustaka

- Jensen J.R. 1996. *Introductory Digital Processing A Remote Sensing Perspective*. 2nd. Upper Saddle River. New Jersey.
- Modelina E. dan As-syakur A.R. 2012. *Karakteristik Pola Spektral Vegetasi Hutan dan Tanaman Industri Berdasarkan Data Penginderaan Jauh*. Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIX. Makasar.
- Munibah K. 1998. *Mangrove Change Detection and Effect to Soil Characteristics, A Case Study of Subang*. West Java.
- Undang-Undang RI No. 41. 2009. *Perlindungan Lahan Pertanian Berkelanjutan*. Jakarta.
- Wijayanto H, *et al.* 2010. Pembuatan Roadmap Dan Penelitian Pendahuluan Dalam Usaha Penopang Peluncuran Satelit LAPAN-IPB Untuk Ketahanan Pangan Nasional; Buku Ilmiah Pusat Elektronika Dirgantara LAPAN. pp.189-202.

PENGEMBANGAN
SATELIT MIKRO
LAPAN

Sistem, Subsistem, dan Misi Operasi

PT Penerbit IPB Press

Kampus IPB Taman Kencana

Jl. Taman Kencana No. 3, Bogor 16128

Telp. 0251 - 8355 158 E-mail: ipbpress@ymail.com



Penerbit IPB Press



@IPBpress

Teknologi

ISBN : 978-979-493-469-2



9 789794 934692