

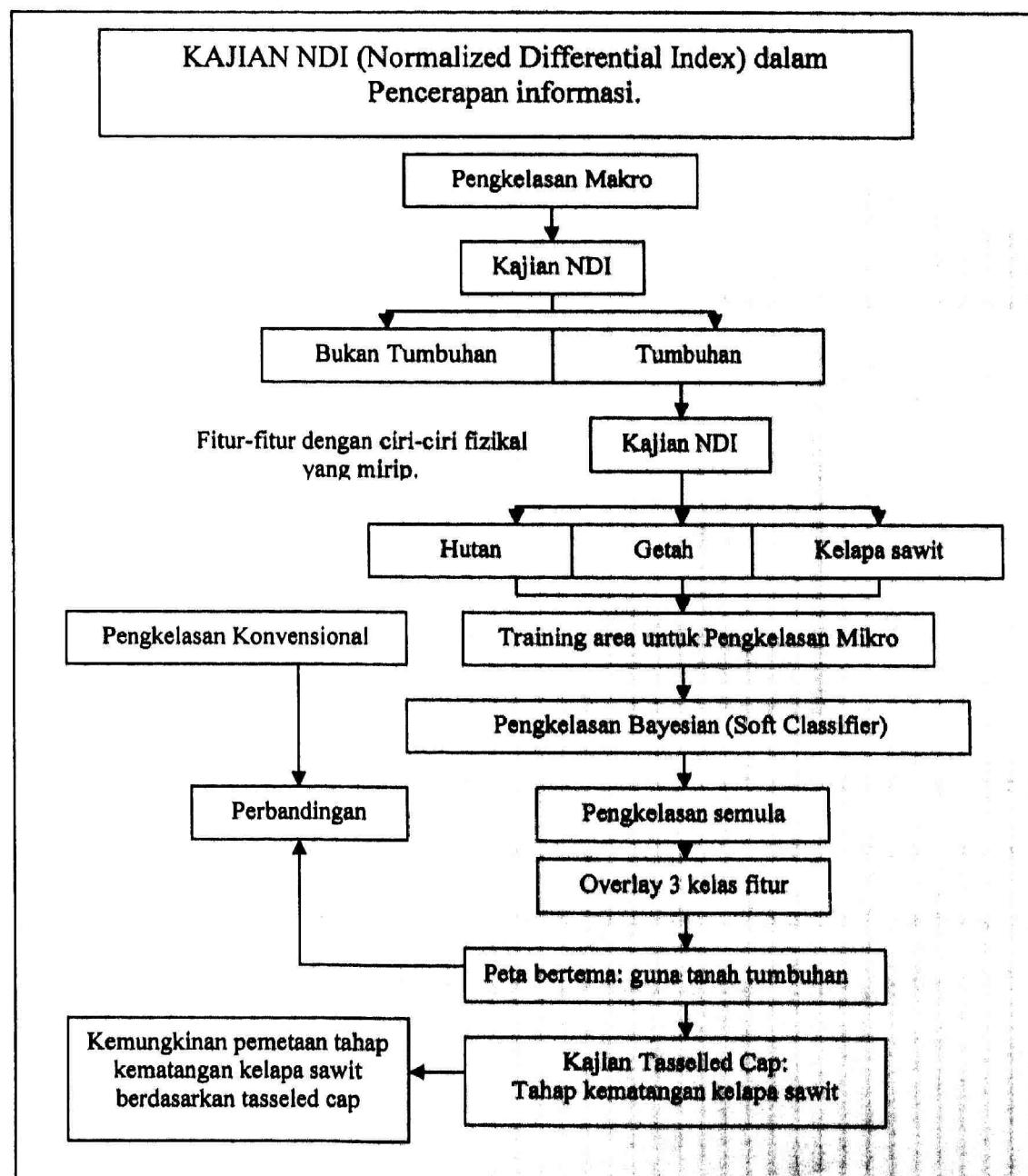
BAB 6

Analisis dan reka bentuk prosedur pengelasan

6.0 Analisis dan reka bentuk sistem pengkelasan.

Dalam percubaan untuk memenuhi salah satu objektif kajian iaitu untuk menyediakan satu piawaian atau panduan pengkelasan data remote sensing yang objektif, sistematik dan komprehensif, kajian seterusnya memusat pada kajian *ciri spektral* serta cadangan reka bentuk sistem pengkelasan yang sesuai. Kelebihan kaedah-kaedah pengkelasan yang diperhatikan sebelum ini menjadi inti atau tulang belakang kepada prosedur pengkelasan yang direka bentuk. Kajian bab 6 diringkaskan dalam Rajah 6.1.

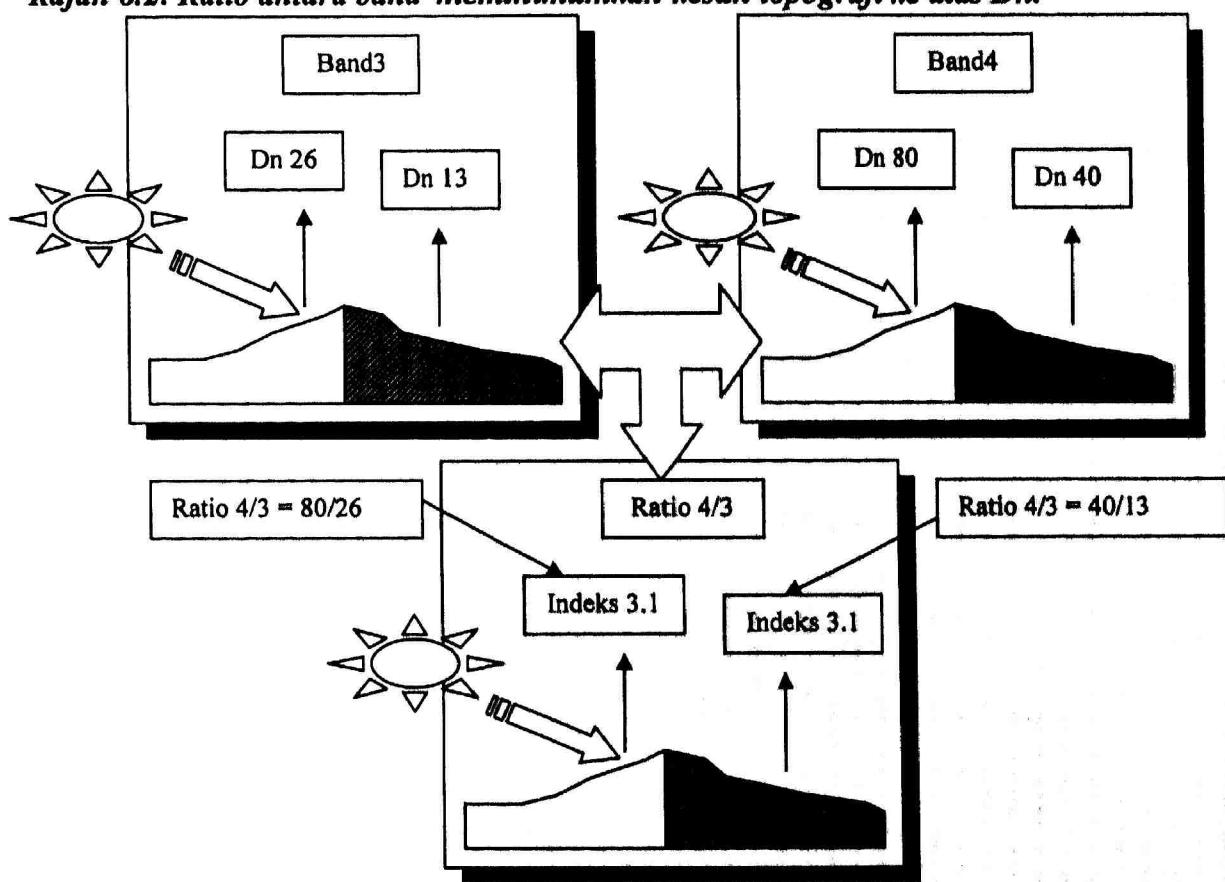
Rajah 6.1: Rangka perbincangan bab 6.



6.1 Ratio antara band.

Antara banyak kaedah pemprosesan yang bertujuan mencerap informasi dari data remote sensing, hanya terdapat satu pemprosesan yang didapati tidak mengalami ciri "site-spesific" dan "time-spesific". Proses yang dimaksudkan adalah "ratio antara band". Ratio antara band spektral yang berbeza (bagi kawasan kajian yang sama) dilaporkan sebagai satu transformasi mudah yang berjaya mengatasi kesan topografi dan kesan gangguan atmosfera ke atas data Remote sensing.

Rajah 6.2: Ratio antara band meminimumkan kesan topografi ke atas Dn.



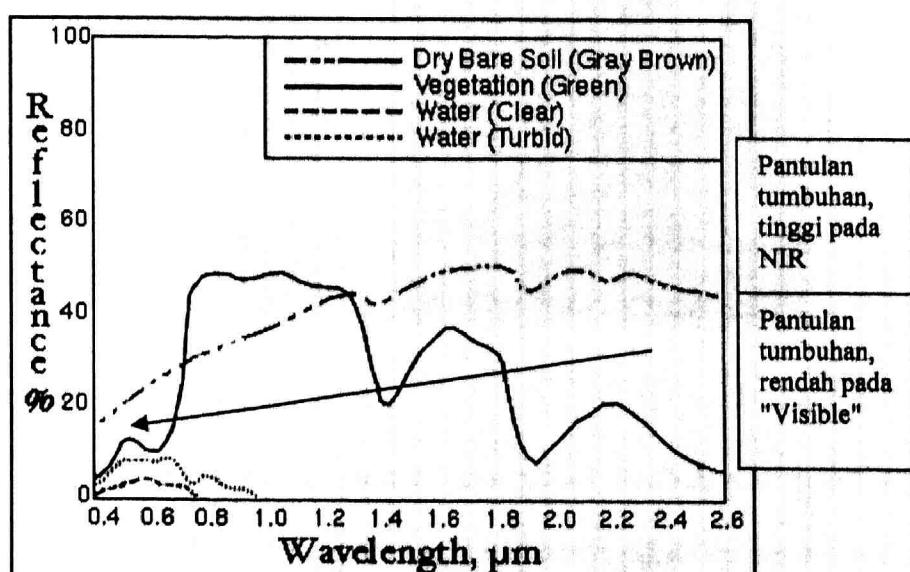
Walaupun terdapat pandangan bahawa kesan topografi sebenarnya satu aset penting dalam memahami informasi remote sensing, tetapi ia adalah benar dalam kes pemprosesan manual sahaja. Bahagian kajian seterusnya cuba memeriksa sejauh mana "ratio antara band" dikatakan sebagai tidak "site-spesific" dan "time-spesific".

6.1.1 "Normalized Differential Vegetation Index" (NDVI).

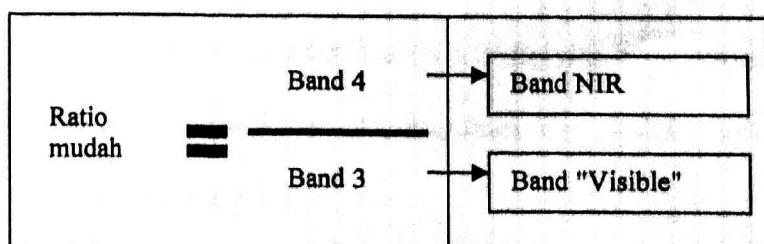
Tumbuhan dilaporkan mencatetkan pantulan tinggi di jarak gelombang yang lebih panjang dari NIR ("Near Infrared"), manakala pantulan rendah pada bahagian jarak gelombang "Visible" (Rajah 6.3). Ratio mudah untuk kajian tumbuhan menggunakan ciri spektral ini sebagai asas algoritma di mana data NIR dirasiokan dengan data "Visible" (Rajah 6.4). Ratio sebegini menjadikan piksel tumbuhan ditonjolkan (pantulan tinggi bahagi dengan pantulan rendah) dan piksel bukan tumbuhan dimendapkan (pantulan rendah dibahagi dengan pantulan tinggi).

Antara banyak formula indeks tumbuhan yang dikemukakan, NDVI adalah ratio yang lebih rumit dan lebih stabil. Selama ini, NDVI sentiasa menjadi kaedah yang dipercayai untuk kajian tumbuhan atau aspek kehijauan dalam pemprosesan data remote sensing. Ia masih menurut konsep asas ratio tumbuhan iaitu data NIR dibahagikan dengan data "Visible", ia diformulakan sebagai NIR tolak "visible" dan dibahagikan dengan NIR campur "Visible" (Rajah 6.5).

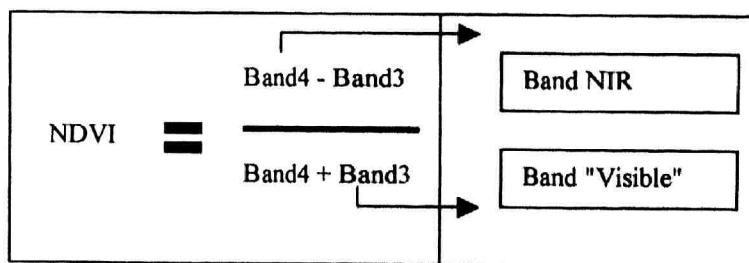
Rajah 6.3: Ciri spektral tumbuhan merentasi pelbagai jarak gelombang.



Rajah 6.4: Ratio mudah tumbuhan.

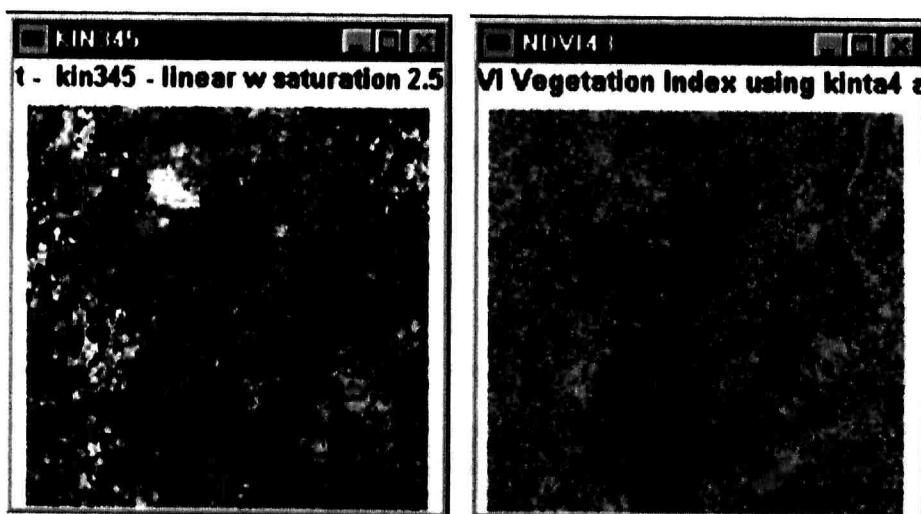


Rajah 6.5: Formula untuk "Normalized Differential Vegetation Index".



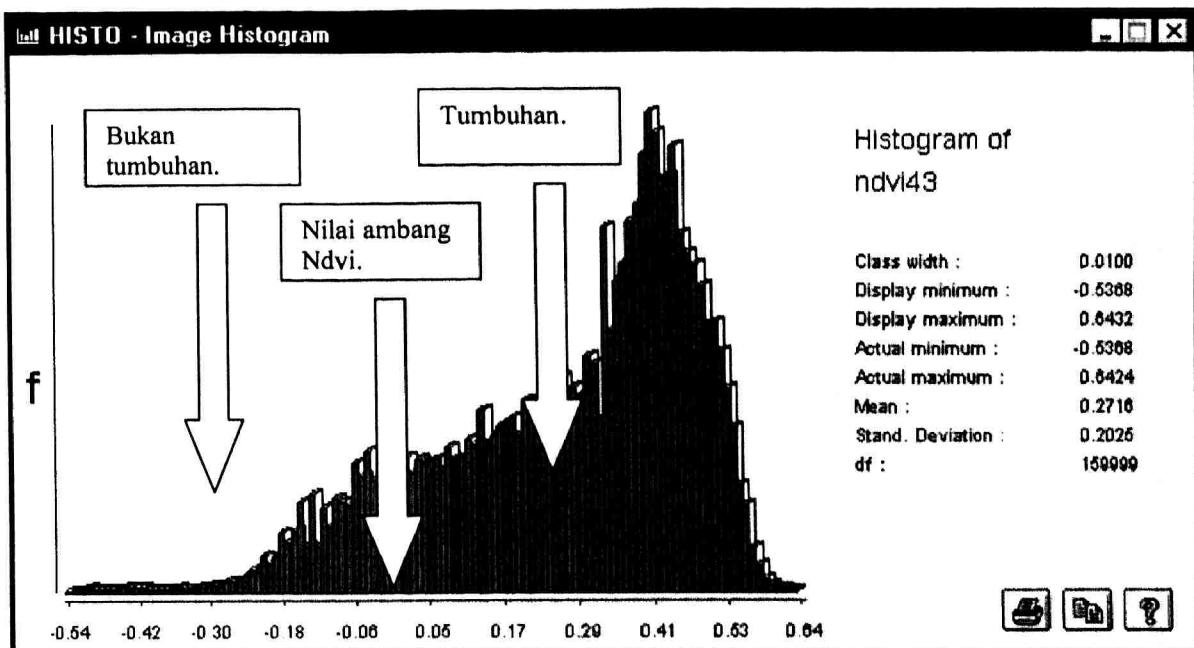
NDVI boleh disediakan dalam Perisian Idrisi melalui module "*image processing*" - "*Transformations*" - "*Vegeindex*". Satu tetingkap "**Vegeindex - Vegetation Index Option**" dipaparkan di skrin, pelbagai jenis indeks tumbuhan disenaraikan, NDVI dipilih dan nama imej (Kinta) diisikan dalam *ruang "Red band"* serta *"Infrared band"*. Klik butang "*OK*" dan pemprosesan menghasilkan imej pada Rajah 6.6 kanan.

Rajah 6.6: Imej komposit Kinta 345 (kiri) dan hasil NDVI (kanan).



6.1.2 Pemeriksaan hasil NDVI.

Visual NDVI (Rajah 6.6 kanan) menunjukkan piksel tumbuhan di timbulkan dengan indeks yang tinggi (cerah warna paparannya) manakala piksel bukan tumbuhan dimendapkan (warna lebih gelap). Imbasan visual ke atas hasil NDVI mendapatkan perbezaan fitur tumbuhan dengan bukan tumbuhan adalah jelas. Pemeriksaan Dn piksel di skrin menyimpulkan piksel tumbuhan merekodkan Dn positif manakala bukan tumbuhan mempunyai bacaan Dn negatif.

Rajah 6.7: Histogram untuk NDVI.**6.1.3 Pengelasan kawasan tumbuhan berdasarkan NDVI.**

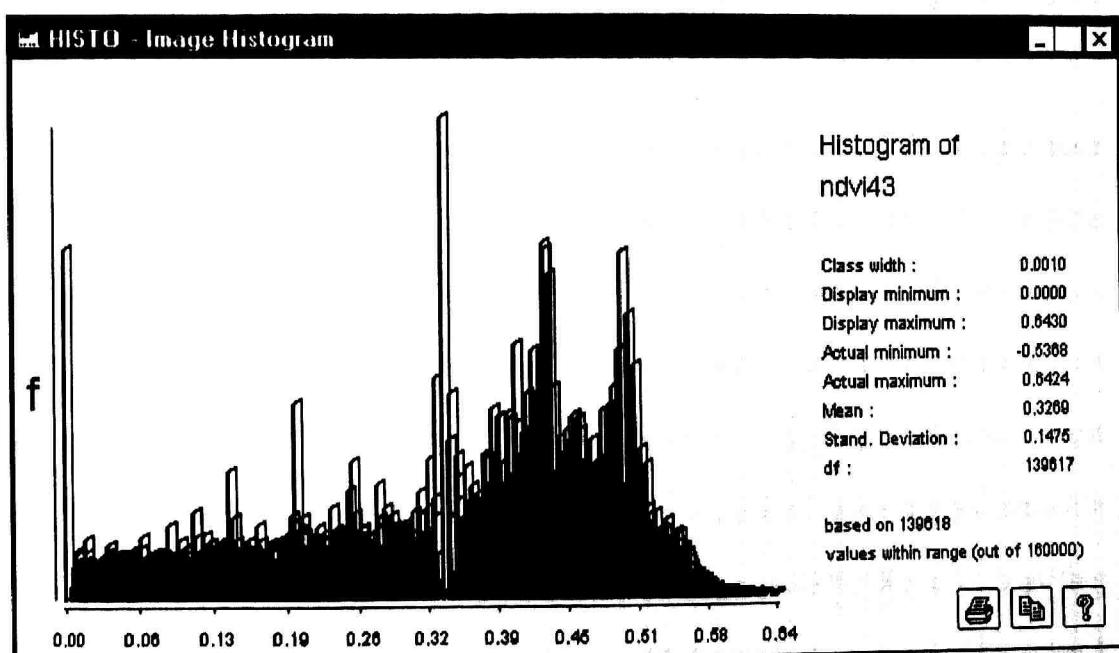
Dengan nilai ambang NDVI 0 yang mengasingkan fitur tumbuhan dengan fitur bukan tumbuhan, pengelasan umum boleh dilaksanakan pada tahap ini. Rajah 6.8 menunjukkan hasil pengelasan awal di mana warna kelabu adalah fitur tumbuhan dan warna hitam adalah fitur bukan tumbuhan.

Rajah 6.8: Pengelasan umum kawasan tumbuhan dan bukan tumbuhan.

Satu persoalan yang timbul adalah: pengelasan makro kawasan tumbuhan dan bukan tumbuhan boleh dilaksanakan, adakah jenis-jenis tumbuhan boleh dikenali pada peringkat mikro?

Menurut parameter "class width" = 0.001, ia menghasilkan histogram seperti yang digambarkan dalam Rajah 6.9. *Visual histogram ini membuktikan bahawa terdapat banyak puncak-puncak taburan yang dipercayai mewakili kelas-kelas tertentu.* Adakah itu mewakili pelbagai fitur guna tanah masih terlalu awal untuk dijawab. Ia berkemungkinan cuma mewakili tahap kepadatan tumbuhan, keadaan biomass tumbuhan, tahap kehijauan tumbuhan dan elemen lain.

Rajah 6.9: Histogram NDVI menunjukkan pelbagai puncak taburan.



6.1.4 Penilaian ketepatan pengelasan umum "tumbuhan" dan "bukan tumbuhan" dari NDVI.

Penilaian ketepatan dilaksanakan ke atas pengelasan umum NDVI dengan rujukan utama peta topografi dan dibantu dengan laporan kajian lapangan. Keputusan penilaian dikemukakan dalam Rajah 6.10.

Rajah 6.10: Matriks penilaian ketepatan pengkelasian umum NDVI bagi imej Kinta.

		Hasil pengkelasian umum NDVI				
Bahan rujukan (realiti)		Tumbuhan	Bukan tumbuhan	Jumlah	Error1	%Error1
	Tumbuhan	80	0	80	0	0
	Bukan tumbuhan	1	19	20	1	5
	Jumlah	81	19	100		
	Error2	1	0		1	
	%Error2	1.23	0			0.01

Taburan guna tanah imej Kinta terdiri daripada secara kasar 80% kawasan bertumbuhan manakala 20% bukan tumbuhan. Oleh yang demikian, pembahagian 100 sampel penilaian ketepatan juga menggambarkan komposisi yang sejajar, iaitu 80 sampel untuk tumbuhan dan 20 untuk bukan tumbuhan.

Rajah 6.10 merekodkan kesilapan umum pengkelasian NDVI adalah amat sedikit iaitu 0.01% sahaja. Tiada "%error1" yang terjadi ("error1= 0") bagi fitur tumbuhan, ini bermakna kesemua sampel tumbuhan telah berjaya dikelaskan sebagai tumbuhan dalam NDVI. 5% "%error1" dicatat untuk fitur bukan tumbuhan, ini bermakna terdapat 1 dari 20 piksel bukan tumbuhan yang silap dikelaskan sebagai tumbuhan. Bukan tumbuhan mencapai "error2" sifar, bererti tiada sampel tumbuhan lain yang tersilap kelas dalam kelas bukan tumbuhan. 1.23% "%error2" bagi fitur tumbuhan pula bererti antara 81 sampel yang dikelaskan sebagai tumbuhan, cuma 1 piksel yang didapati silap kelasnya.

6.1.5 Kesimpulan tentang pengkelasian NDVI.

Seperti yang diuraikan pada bahagian 6.1.4, pengkelasian umum imej Kinta kepada kelas tumbuhan dan kelas bukan tumbuhan dengan kaedah NDVI telah menghasilkan satu keputusan ketepatan yang memuaskan. Adakah ketepatan yang sebaik itu juga diterima di mana-mana lokasi kajian lain? Untuk menjawap soalan ini,

NDVI telah diproseskan untuk imej kawasan "Gopeng", "Kampar", "Selatan" (rujuk Bab 3 untuk parameter tentang imej ini) dan satu imej kawalan. Berdasarkan teknik penilaian ketepatan yang sama seperti 6.1.4, jadual pada Rajah 6.11 telah diterbitkan.

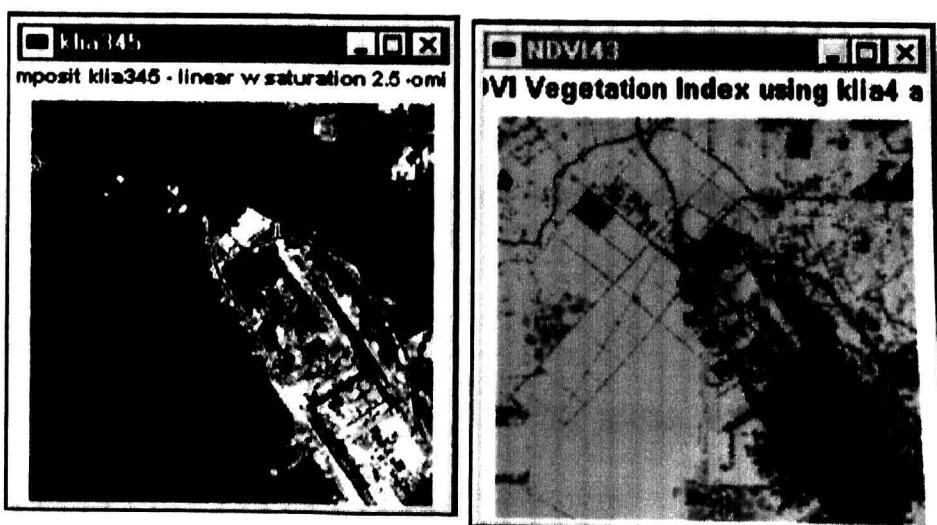
Rajah 6.11: Hasil penilaian ketepatan ke atas 4 kawasan kajian yang berbeza.

<i>Kesilapan umum</i>	<i>Gopeng</i>		<i>Kampar</i>		<i>Selatan</i>		<i>Kawalan</i>	
	<i>0.01</i>		<i>0.00</i>		<i>0.02</i>		<i>0.00</i>	
<i>Error</i>	%error1	%error2	%error1	%error2	%error1	%error2	%error1	%error2
Tumbuhan	0	1.6	0	0	0	3.8	0	0
Bukan tumbuhan	2.5	0	0	0	4	0	0	0

Rajah 6.12: Bilangan sampel untuk setiap kawasan disediakan untuk setiap kelas.

	<i>Gopeng</i>	<i>Kampar</i>	<i>Selatan</i>	<i>Kawalan</i>
Tumbuhan	60	70	50	70
Bukan tumbuhan	40	30	50	30
Jumlah sampel	100	100	100	100

Rajah 6.13: Imej komposit kawasan kawalan (kiri) dan NDVI (kanan).



Berdasarkan bilangan sampel yang disenaraikan dalam Rajah 6.12, penilaian ketepatan telah dilakukan. Satu imej kawalan telah digunakan dalam kajian ini kerana imej "Gopeng", "Kampar" dan "Selatan" merupakan subset kepada satu "scene" yang sama. Imej kawalan adalah satu subset kawasan sekitar Sepang yang dicerap pada tarikh berbeza. Contoh imej kawalan disertakan pada Rajah 6.11 kiri.

Rajah 6.11 mengemukakan satu kesimpulan iaitu kaedah NDVI yang dilaksanakan ke atas 4 imej tersebut telah mencapai tahap ketepatan yang amat baik. *Secara umumnya, peratusan kesilapan tertinggi hanya 0.02% sahaja.* Ketepatan yang tinggi ini bukan sahaja dicapai pada imej yang ditangkap pada "scene" dan "tarikh" sama, kejayaan juga dilihat dalam imej kawalan yang langsung berbeza dengan imej lain dari aspek "lokasi" dan "tarikh pencerapan". Dalam imej "Gopeng" dan "Kampar" yang mencirikan kawasan bertanah tinggi dan mempunyai "kesan arah cerun" seperti yang dibincangkan Bab 5, ketepatan pengelasan yang tinggi masih diperolehi dan ini membuktikan bahawa algoritma "Ratio" berjaya meminimumkan pengaruh topografi ke atas spektral data.

Dengan itu, dapat diputuskan pada tahap ini bahawa ketepatan pengelasan yang dicapai oleh kaedah NDVI adalah tidak dipengaruhi oleh penghadan "site-specific" dan "time-specific". Kenyataan ini membuktikan bahawa terdapat cara pemprosesan yang dapat melaksanakan pengelasan tanpa kelemahan yang ditemui dalam pelbagai kaedah yang dianalisis sebelum ini. Sekurang-kurangnya setakat ini, ia adalah benar bagi pengelasan secara makro atau umum. Strategik kajian seterusnya tertumpu pada pengelasan (kaedah ratio antara band) yang semakin khusus, yakni pengelasan mikro ke atas fitur-fitur guna tanah secara individu.

6.2 Kajian ciri spektral ke atas band asal.

Kajian ciri spektral ke atas band asal TM adalah penting untuk mencungkil maklumat yang dapat membantu mereka-bentuk pengelasan guna tanah berdasarkan

kaedah ratio pada bahagian seterusnya. Contohnya setelah dikenali bahawa ciri spektral tumbuhan amat berbeza antara band NIR dengan "visible", ratio antara dua band tersebut ditumpukan sehingga melahirkan NDVI. Cara yang sama akan dilakukan ke atas semua fitur terpilih yang lain supaya satu panduan pengelasan yang objektif, sistematik dan komprehensif disediakan pada akhir kajian.

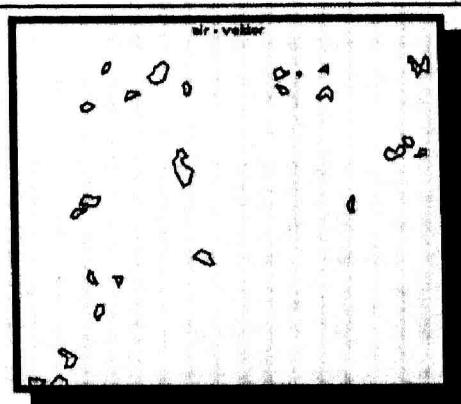
6.2.1 Pencirian spektral secara vertikal dan horizontal untuk fitur terpilih.

Kajian ini dilakukan untuk mengenali dengan lebih dekat lagi tentang bagaimana ciri spektral sesuatu fitur dalam sesuatu band (vertikal), ia juga mengkaji bagaimana orientasi spektral fitur berkenaan merentasi semua band yang ada (horizontal). Kajian corak spektral adalah amat penting kerana ia merupakan latar belakang untuk semua teknik pengelasan data remote sensing.

Pencirian spektral dimulakan dengan pendigitan poligon yang sah mewakili fitur terpilih dengan kaedah "screen digitising" (Rajah 6.14). Kesahihan poligon tersebut mewakili fitur tertentu boleh diperiksa dengan merujukkan peta topo, foto udara serta lawatan lapangan.

Rajah 6.14: Imej komposit "Selatan" (kiri) serta poligon-polygon vektor fitur air (kanan).

Rajah kiri: Imej komposit
Rajah kanan: Poligon-polygon vektor untuk fitur terpilih.



Poligon vektor ini kemudiannya akan dirasterkan dengan **module "polyras"** dalam **Idrisi**. Untuk melihat corak spektral fitur berkenaan merentasi pelbagai band, module **"profile"** dilaksanakan. Dalam **tetingkap "profile generator"**, pilih jenis profile **"over hyperspectral series"** (walaupun sebenarnya analisis ditujukan untuk data multispektral dan bukan hyperspektral).

Terdapat beberapa pilihan ke atas **butang radio ("option button") "summary type"** di mana hasil analisis profile boleh dipaparkan dalam nilai seperti **"mean, min, max, range, total" dan "standard deviation"**. Untuk paparan corak spektral secara umum, **"summary type"** - **"mean"** digunakan.

Dalam Idrisi, analisis profile mengizinkan hasil analisis direkodkan sebagai data numerik dalam format "valus file" (nama.val). Contohnya jadual berikut (Rajah 6.15), lajur dalam jadual tersebut rujuk pada jenis fitur terpilih, manakala baris rujuk pada band-band terpilih dalam pemprosesan "profile". Nilai yang tercatet untuk setiap rekod dalam jadual adalah nilai untuk fitur berkenaan dalam setiap band individu.

Dengan menggunakan Microsoft Excel, jadual numerik tersebut telah diplotkan secara grafik seperti yang dipaparkan Rajah 6.16. Paksi X mewakili band, paksi Y mewakili nilai Dn purata. Graf ini menunjukkan bagaimana orientasi spektral fitur-fitur terpilih merentasi 7 band yang ada.

Rajah 6.15: Nilai purata (DN) fitur terpilih dalam setiap band.

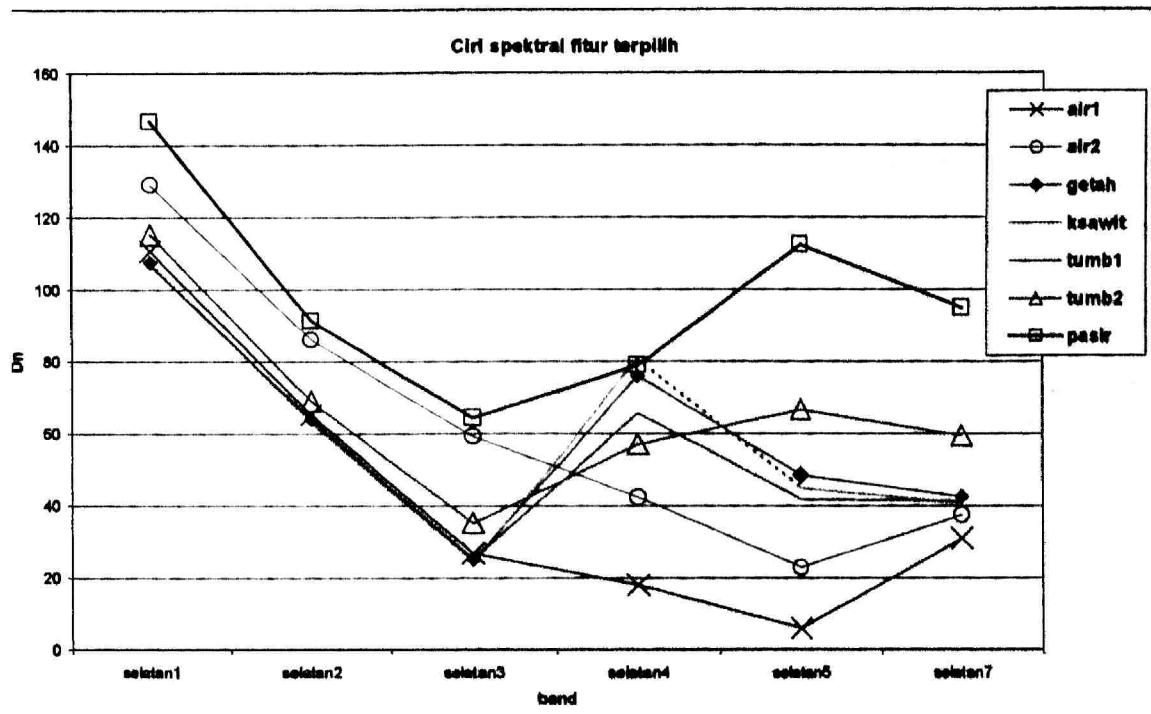
	air1	air2	getah	ksawit	tumb1	tumb2	pasir
selatan1	110.742607	129.11111	107.49429	107.20399	106.845421	115.188913	146.7119
selatan2	65.2553024	86.137253	63.852528	63.151745	64.1784363	69.018692	91.334801
selatan3	28.8177395	59.281044	25.114193	24.335486	25.2738552	36.2009354	64.399117
selatan4	17.9513035	42.281044	75.930832	80.691811	65.5658417	56.990854	79.018601
selatan5	5.9655652	22.82353	48.407829	44.830643	41.7022896	66.6775665	112.42291
selatan6	25.0740871	24.346405	23.217945	23.8064	23.7185116	26.0467281	25.777973
selatan7	30.9252167	37.450981	42.468517	40.582329	41.3387413	59.3691597	94.926872

Empat perkara penting yang dapat diperhatikan dalam graf tersebut.

(1) **Fitur yang sama (contohnya air) boleh dipersembahkan dengan intensiti pantulan(DN) yang berbeza pada band yang sama (keluk spektral air1**

banding air2). Ia bergantung kepada banyak faktor seperti kedalaman air, kualiti air, tahap pencemaran dan sebagainya.

Rajah 6.16: Orientasi spektral bagi fitur terpilih merentasi 6 band.



- (2) Secara vertikal, dalam band individu, setiap fitur mempunyai ciri spektral (nilai D_n) yang berbeza dengan fitur lain. Pada band 4, pasir memberikan nilai D_n tertinggi, diikuti dengan kelapa sawit, getah, tumbuhan dan yang paling rendah adalah air.
- (3) Apabila nilai spektral sesuatu fitur diperhatikan merentasi band (horizontal), ia memaparkan orientasi tertentu yang agak unik. Tumbuhan seperti getah, kelapa sawit merentasi band 3,4 dan 5 dengan corak DN rendah pada band3, tinggi pada band 4 manakala rendah semula pada band 5. Fitur air memaparkan corak menurun merentasi band 3, 4 dan 5. Manakala fitur tanah terdedah atau pasir digambarkan dengan trend keluk meningkat merentasi band 3, 4 dan 5. Air 1 merupakan fitur yang nilai D_n nya terendah dalam semua band, digambarkan dengan corak keluk menurun merentasi band dan

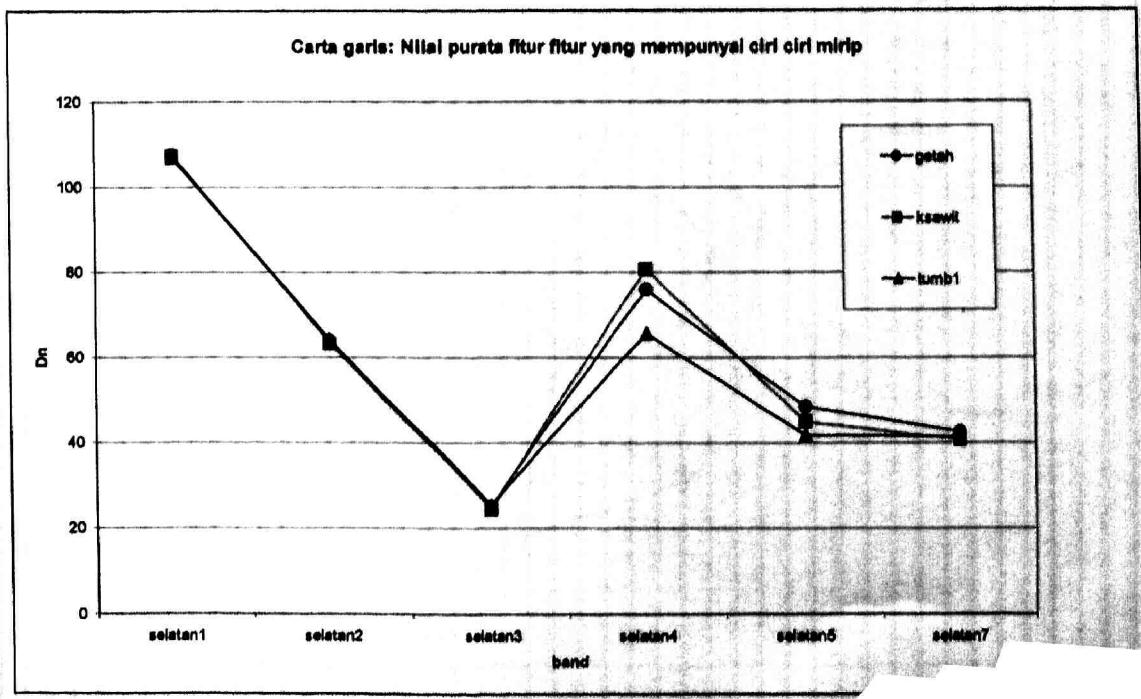
mencapai minimum pada band 5 manakala pasir mencatetkan Dn tertinggi dalam semua band.

Keunikan ciri-ciri spektral ini bagaikan kad pengenalan untuk manusia, amat berguna untuk mengenali identiti sesuatu fitur. Ia juga dikenali sebagai "spectral signature".

Perhatikan Rajah 6.16, terdapat band tertentu di mana nilai spektral antara fitur ditaburkan secara terjarak, contohnya band 4, 5, 7. Ini bermakna, kontras spektral adalah tinggi antara fitur dalam band-band tersebut. Sekiranya dipaparkan imej band 4, 5 atau 7, visualisasi imej ini adalah lebih baik untuk membeza-nilaikan fitur muka bumi. Ada juga keadaan di mana nilai spektral fitur berkedudukan rapat antara satu sama lain, contohnya band 1, 2 dan 3. Secara visual, band-band ini kurang baik paparannya untuk mengenali fitur muka bumi kerana kontras antara fitur adalah terhad.

Dalam band 6 (tidak digambarkan dalam rajah tersebut), semua fitur mempunyai nilai spektral yang begitu rapat sehingga informasi litupan bumi tidak dapat dikenali semasa pemaparan visual imej tersebut. Band 6 menggambarkan nilai thermal muka bumi, dalam satu kawasan kecil, nilai thermal tidak berubah secara mendadak.

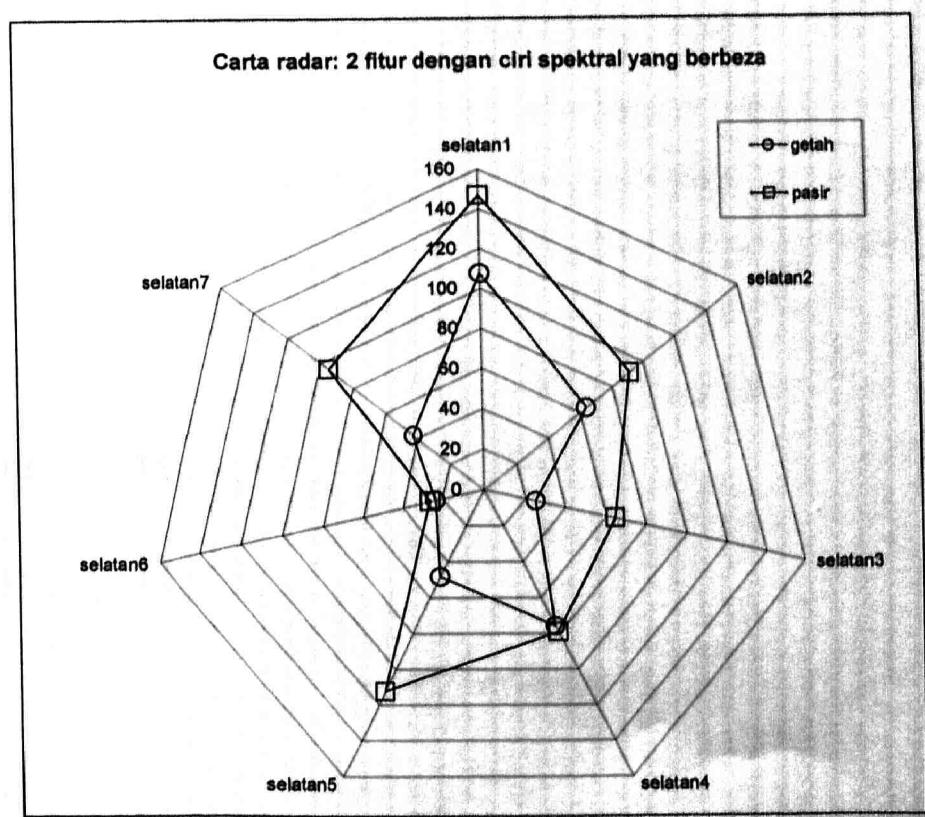
Rajah 6.17: Ciri spektral bagi fitur yang mempunyai ciri fizikal yang mirip.



Masalah fitur yang mempunyai ciri-ciri fizikal yang mirip turut dikaji dalam Rajah 6.17. *Adalah jelas bahawa setiap fitur tersebut memaparkan orientasi spektral yang secorak merentasi band. Namun, ia berbeza dari segi intensiti pantulan spektral dalam setiap band.* Dalam carta garis tersebut, dapat diperhatikan bahawa fitur getah, ksawit dan tumb1 *hanya dapat dibeza-nilaikan dengan jelas dalam band 4 dan 5.* Keunikan ini boleh dikaji dengan lebih lanjut lagi untuk membantu menyelesaikan masalah pengkelasan fitur-fitur berciri mirip. *Dalam band 4, diperhatikan ksawit mencatetkan nilai spektral yang lebih tinggi berbanding dengan getah dan diikuti dengan tumb1.* Turutan yang berbeza diperhatikan dalam band 5, di mana nilai spektral tertinggi adalah fitur tumb2, diikuti dengan getah, ksawit dan tumb1.

Rajah 6.18 menunjukkan carta Radar untuk ciri spektral antara dua fitur terpilih. Carta Radar jarang digunakan dalam bidang Remote sensing. Namun, dalam kajian pencirian spektral, ia adalah satu alternatif yang baik. Persembahan data melalui carta Radar amat jelas menonjolkan ciri spektral setiap fitur dalam setiap band berbanding dengan fitur lain.

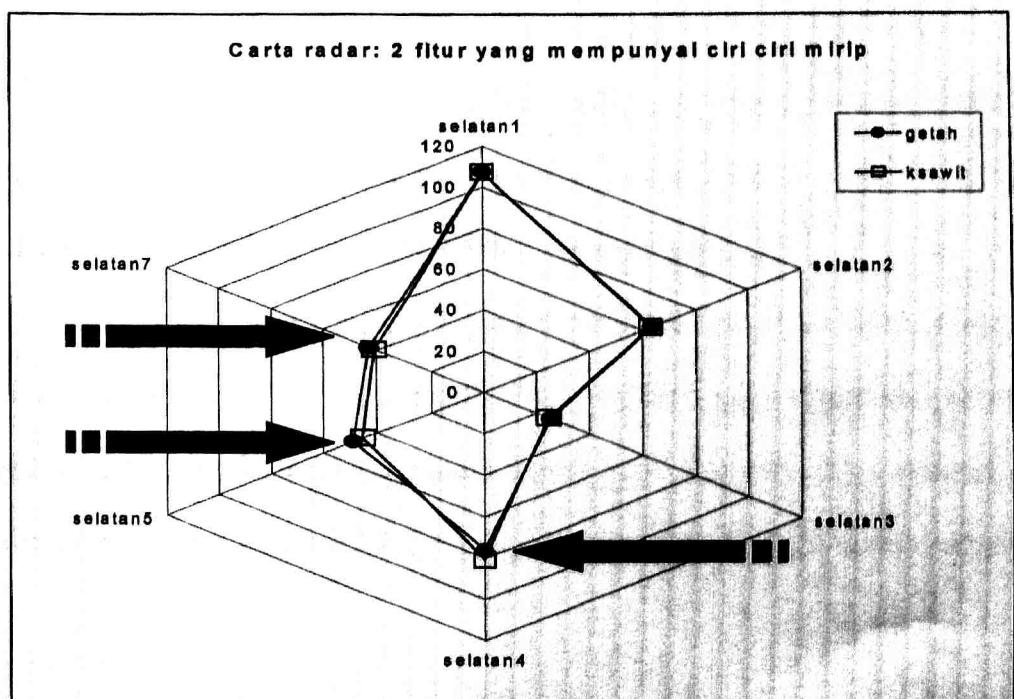
Rajah 6.18: Carta Radar antara dua fitur terpilih.



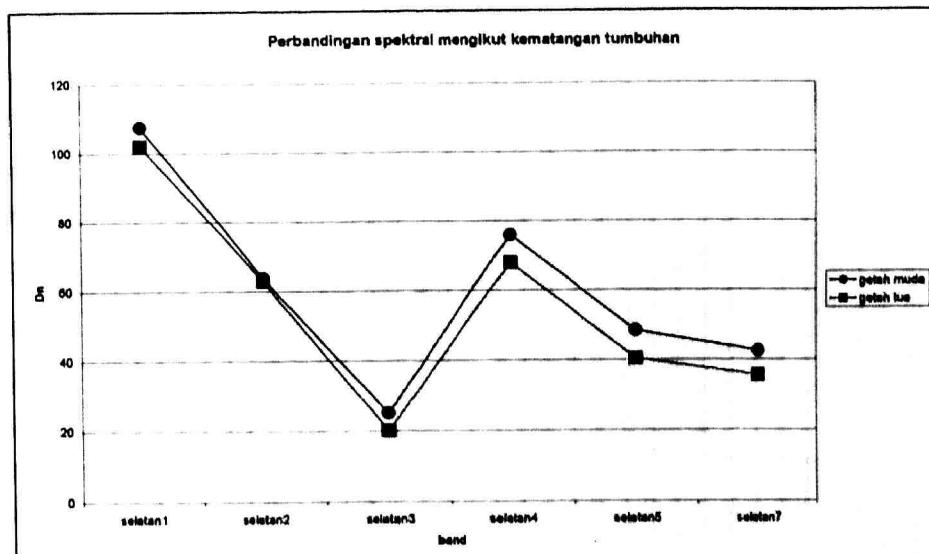
Pemerhatian yang sama boleh diteliti dalam carta (Rajah 6.19) yang bertajuk "Carta radar: 2 fitur yang mempunyai ciri-ciri mirip". Kedudukan nilai fitur getah ditandakan dengan tanda bulatan, manakala ksawit dilabelkan dengan tanda segiempat. Secara umumnya, struktur taburan spektral kedua-dua fitur tersebut adalah tidak banyak berbeza. Namun, secara mikro, masih terdapat perbezaan halus pada band tertentu.

Semakin jauh jarak tanda bulatan dan segiempat pada sesuatu paksi (band), bermakna semakin senang dua fitur tersebut dibeza-kenali dalam band berkenaan. Adalah jelas bahawa tanda bulatan dan segiempat pada band 1, 2, 6 berkedudukan rapat spektralnya. Perbezaan kedudukan tanda bulatan dengan segiempat hanya jelas pada paksi band 3, 4, 5, 7 yang **bermaksud kontras antara fitur ini adalah tinggi pada band berkenaan**. Maka, kajian nilai spektral untuk membeza fitur ksawit dengan getah haruslah tertumpu pada band-band ini. Perbandingan antara Rajah 6.18 dan 6.19 membawakan kesimpulan bahawa sekiranya ingin membezakan "kelas tumbuhan" dengan "bukan tumbuhan", band dalam jarak gelombang "Visible" harus diperiksa. Sebaliknya jika kajian ingin dilakukan ke atas pelbagai kelas tumbuhan seperti getah, hutan, kelapa sawit dan sebagainya, band selepas NIR harus dikaji.

Rajah 6.19: Carta Radar untuk dua fitur yang mirip ciri fizikal.



Rajah 6.20: Perbezaan dalam Profil spektral satu fitur individu (usia getah).



Malah, dalam sesuatu fitur individu, percubaan telah dijalankan untuk membezakan ciri spektralnya seiring dengan usia yang berbeza. Hasilnya dipaparkan dalam Rajah 6.20. Kesimpulan yang diterbitkan melalui kajian ini adalah: getah tua dicerminkan dengan ciri spektral yang rendah berbanding dengan getah muda di semua band. Jarak antara dua keluk spektral adalah tinggi pada band 4, 5 dan 7. Penemuan ini menambahkan lagi keyakinan untuk mencapai salah satu objektif kajian, iaitu untuk mencungkil maklumat kategori umur tumbuhan terpilih serta menjalankan penilaian pulangan atau keluaran dari tahap umur yang berbeza.

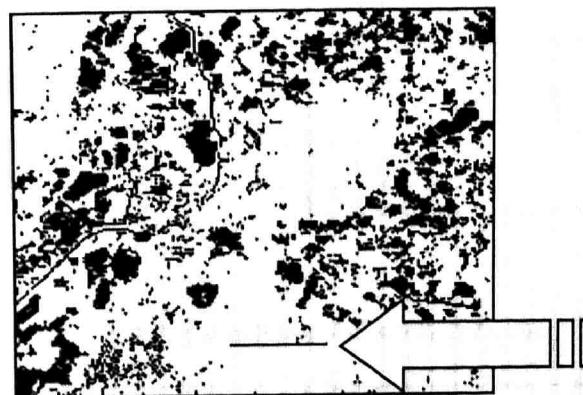
6.2.2 Keratan rentas spektral dan variasi dalam sesuatu fitur.

Keratan rentas spektral merentasi spatial mempersebahkan variasi atau julat pantulan sesuatu fitur di sesuatu kawasan sampel. Garis yang menandakan lokasi keratan rentas disediakan dengan teknik "screen digitising".

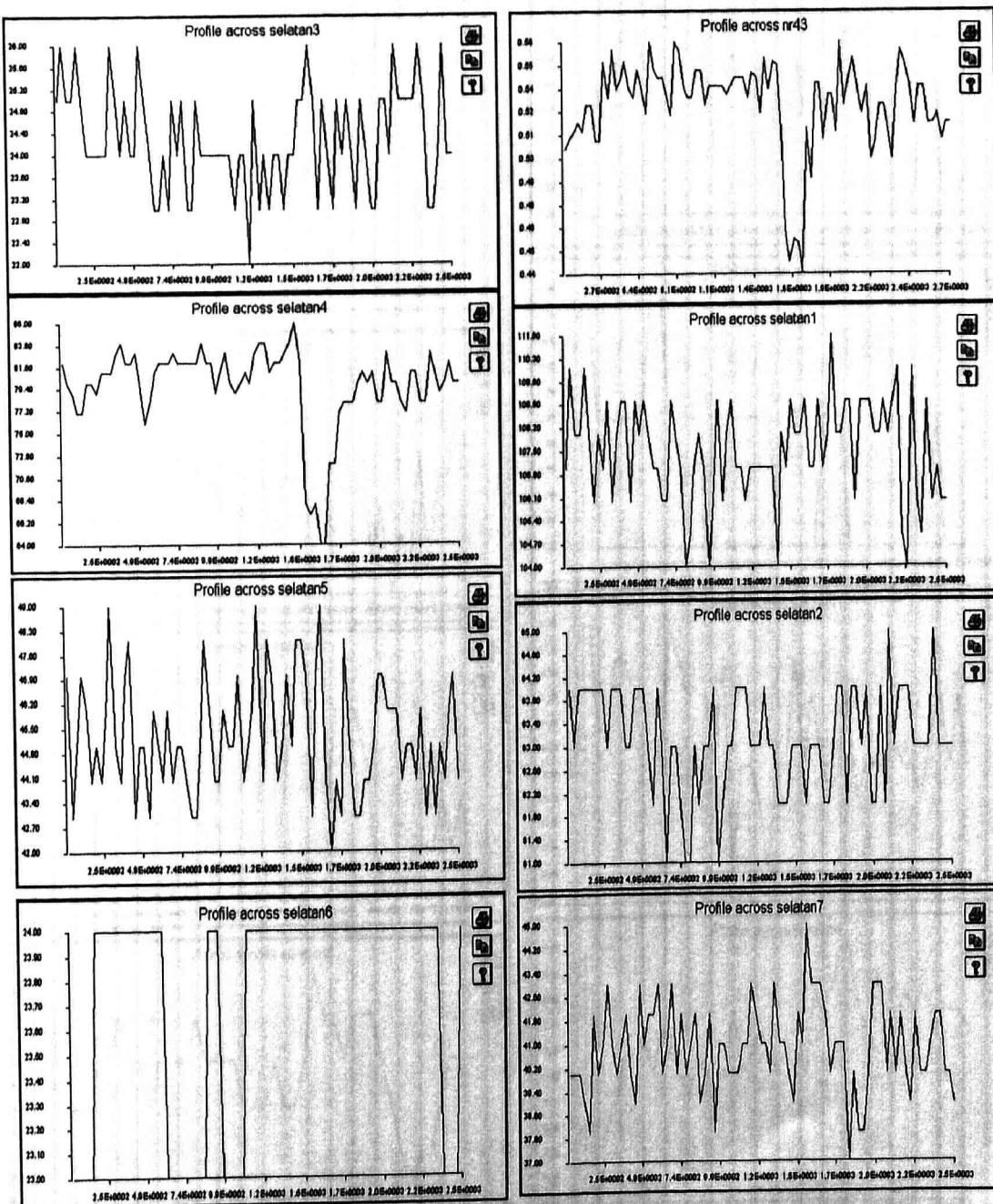
Dua garis vektor disediakan untuk kajian ini. Garis profile1 adalah profil pada kawasan kelapa sawit seperti Rajah 6.21. Profile2 pula digariskan ke atas kawasan getah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6.23. Keratan rentas spektral seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6.22 (kelapa sawit) dan Rajah 6.24 (getah) memberikan satu

panduan yang baik tentang band mana yang paling banyak menggambarkan variasi dalam sesuatu fitur.

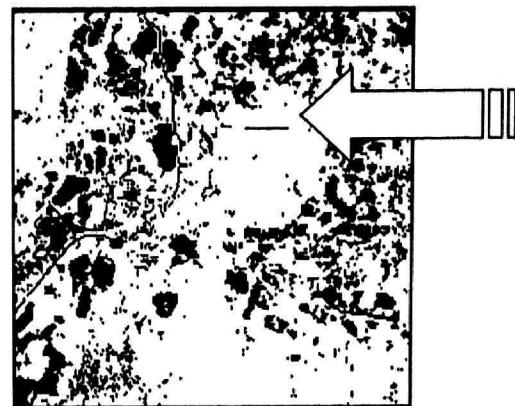
Rajah 6.21: Profile1, garis vektor melintasi kawasan ksawit.



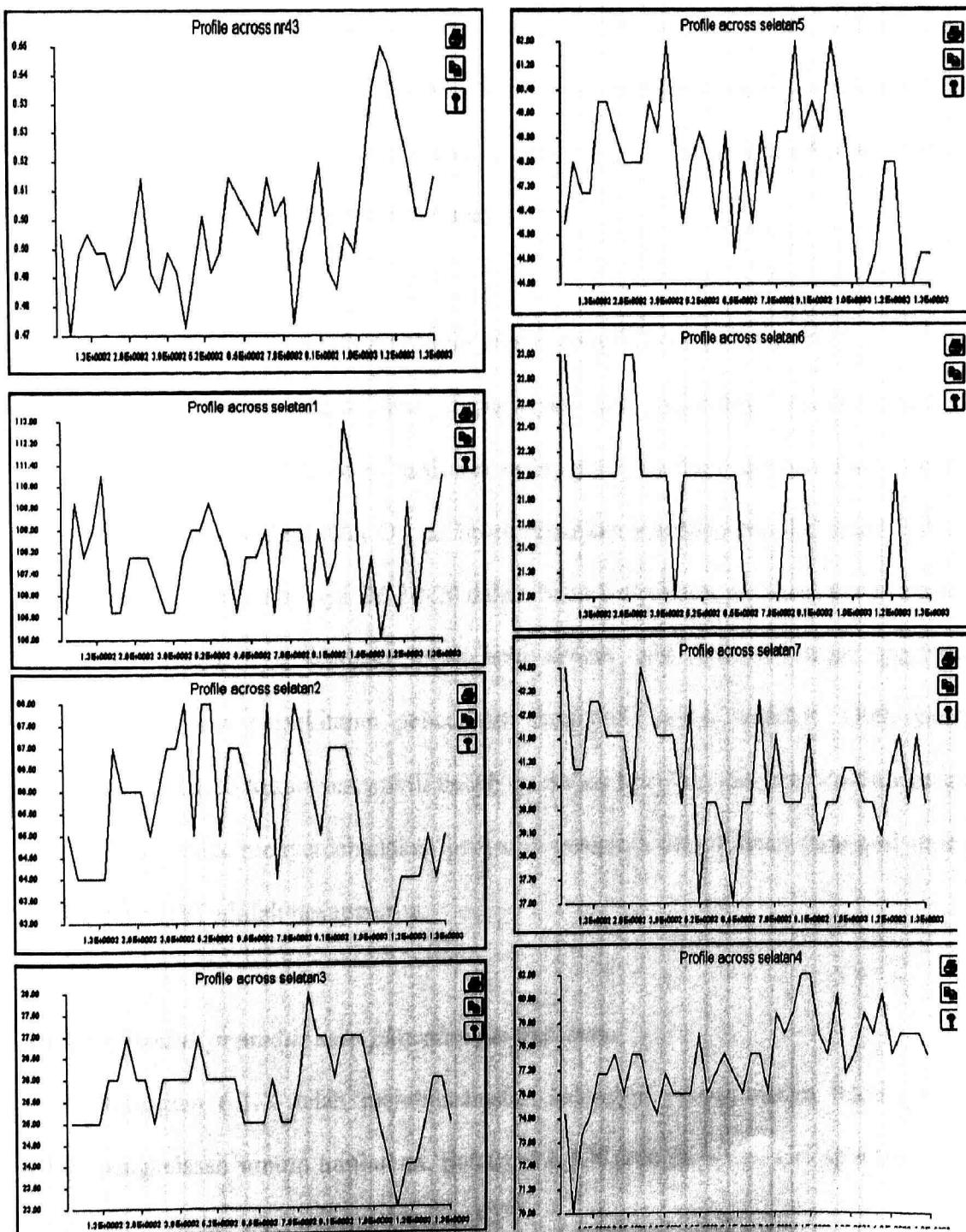
Rajah 6.22: 8 keratan rentasnya pada band 1-7 serta satu imej NDVI (NR43).



Rajah 6.23: Profile2, garis vektor melintasi kawasan getah.



Rajah 6.24: 8 keratan rentas getah pada band 1-7 serta satu imej NDVI (NR43).



Profil ke atas spektral band6 (Selatan6) tidak banyak melihatkan perubahan keluk atau tidak banyak puncak dan lurah keluk yang biasanya bermakna ia kurang informasi tentang sesuatu fitur.

Profil pada kawasan getah (Rajah 6.24) menunjukkan variasi spektral yang lebih apabila dibandingkan dengan profil kawasan kelapa sawit (Rajah 6.22). Ia mungkin disebabkan oleh tekstur ladang getah yang lebih kasar berbanding dengan kelapa sawit.

Kemungkinan kedua adalah ciri getah adalah lebih kompleks dengan adanya keadaan musiman "daun luruh", kekayaan species getah serta kepekaan pokok getah terhadap persekitarannya. Kajian ini jelas menunjukkan bahawa band 4 adalah paling informatif dalam mengenali ciri-ciri getah dan kelapa sawit kerana band 4 merekodkan satu julat spektral yang luas untuk tumbuhan.

6.2.3 Julat Dn digunakan sebagai piawai pengkelasan guna-tanah?

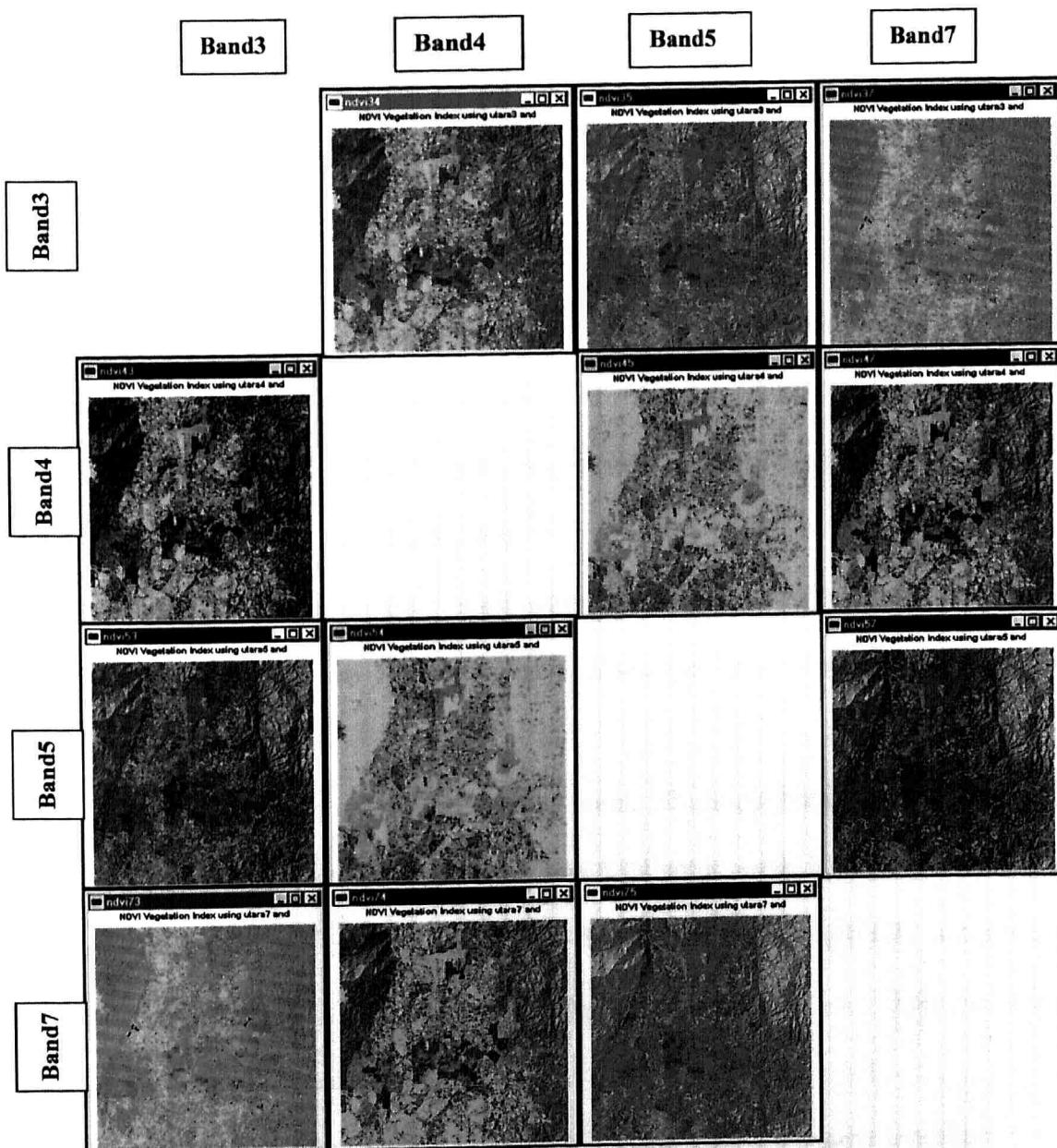
Memandangkan setiap fitur mempunyai ciri spektralnya secara vertikal mahupun horizontal dalam band asal dan setiap fitur dicirikan dengan Dn tertentu dalam setiap band, adakah julat Dn ini boleh dijadikan piawaian pengkelasan? Tidak. Adalah tidak sesuai contohnya Dn 10-20 dalam band 3 dijadikan piawaian pengkelasan fitur air. Ia disebabkan keadaan setiap imej adalah unik (site and time specific) bergantung kepada persekitaran pencerapan data pada tarikh tersebut. Oleh yang demikian, Dn 10-20 kurang mewakili badan air dalam imej lain. Sesuatu kaedah harus dilaksanakan untuk menyerdehanakan pengaruh-pengaruh persekitaran (site and time) dan kajian NDVI adalah jawapannya.

6.3 Reka bentuk prosedur atau piawaian pengkelasan.

Bahagian 6.1.X telah membincangkan kelebihan menggunakan teknik ratio

terpilih dalam setiap band asal TM. Pengetahuan ciri spektral ini akan dijadikan landasan untuk kajian bahagian 6.3.X. Pada tahap ini kajian ditumpukan ke atas 3 jenis tumbuhan yang mempamerkan ciri-ciri yang mirip secara spektral iaitu hutan, getah dan kelapa sawit.

Rajah 6.25: Hasil pelbagai percubaan NDVI antara band yang berbeza (ndvi baris/lajur).



6.3.1 NDI (Normalized Differential Index) antara band terpilih.

Bahagian 6.2.X telah menyimpulkan bahawa terdapat beberapa band dapat membezakan dengan lebih mudah ciri spektral fitur terpilih seperti hutan, getah dan kelapa sawit. Band 3, 4, 5 dan 7 ini dipilih untuk melaksanakan proses NDVI dan telah

menghasilkan pelbagai imej NDI seperti yang dipaparkan dalam Rajah 6.25. Istilah NDVI adalah khusus untuk ratio band 3 dan band 4 TM seperti yang dibincangkan dalam bahagian 6.1.X. Kajian ini menggunakan struktur formula NDVI tetapi ia dicubakan juga ke atas band-band selain band 3 dan 4. Oleh yang demikian, istilah NDI adalah lebih sesuai digunakan. Setiap imej NDI dalam Rajah 6.25 adalah hasil NDVI antara 1 band (melintang dalam rajah) dengan 1 band lain (menegak atau lajur). Contohnya, Imej pertama adalah ndi34. Ia merupakan hasil NDI antara band3 (baris) dengan band4 (lajur).

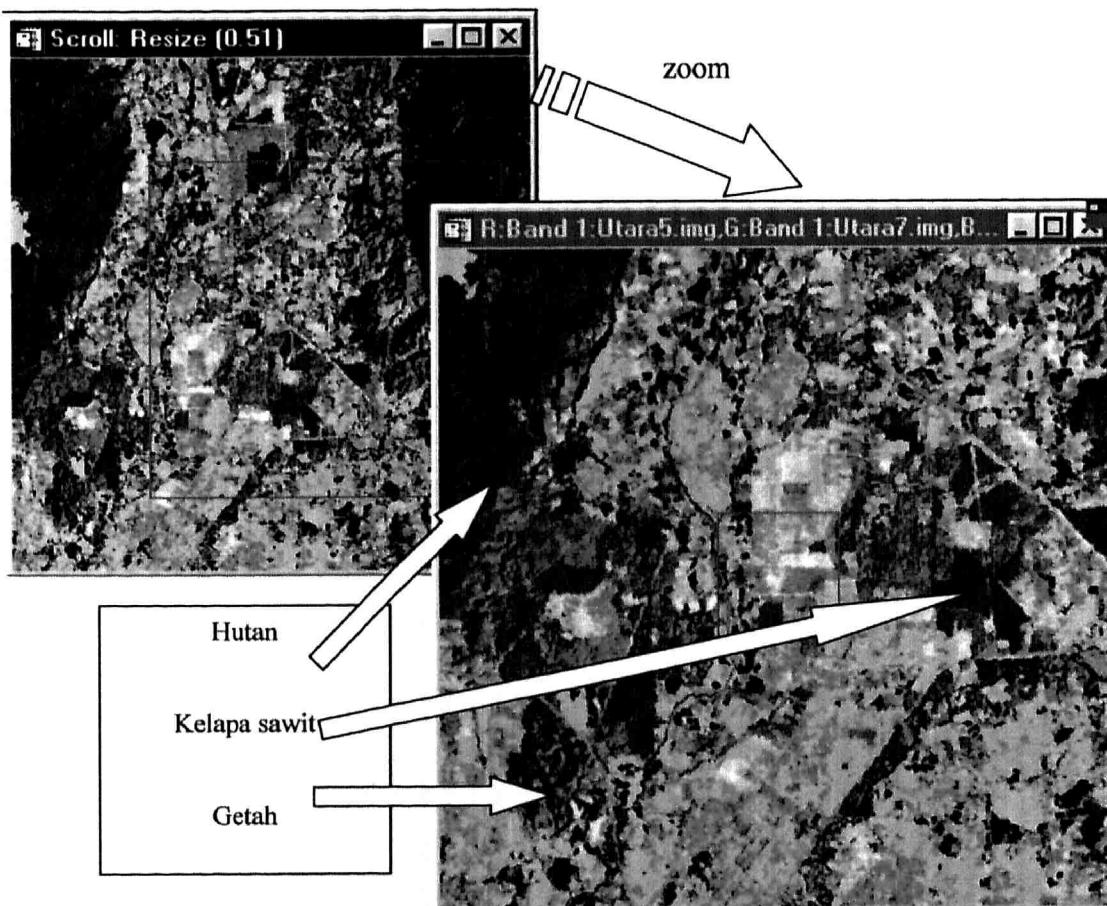
6.3.2 Pemeriksaan ciri indeks NDI (NDI index signature) bagi fitur terpilih.

Dua puluh sampel untuk setiap fitur iaitu hutan, getah dan kelapa sawit telah dicerap untuk menjalankan pemeriksaan ini. Paparan ENVI (Rajah 6.26) yang mengadunkan imej band5, band7 serta imej ndvi43 memaparkan taburan tumbuhan di kawasan kajian (imej utara) dengan jelas.

Setelah mengenal pasti lokasi sampel ("column, row") untuk setiap fitur tumbuhan terpilih, bacaan Dn atau nilai z dibacakan untuk sampel tersebut dalam kesemua NDI terpilih.

Rajah 6.27 melaporkan nilai indeks untuk 20 sampel hutan pada NDI terpilih. Rajah 6.28 untuk fitur kelapa sawit dan Rajah 6.29 untuk getah. Mengumpulkan segala maklumat numerik ini, satu ringkasan telah disediakan dalam Rajah 6.30 untuk setiap fitur dalam setiap NDI. Turut dirajahkan adalah taburan indeks yang dipersembahkan secara grafik ("scatter plot").

Rajah 6.31 menggambarkan keluk minimum dan maksimum manakala Rajah 6.32 pula memberikan satu gambaran umum tentang indeks NDI setiap fitur dengan memaparkan keluk Min (nilai purata) merentasi imej NDI terpilih.

Rajah 6.26: Paparan Envi kawasan kajian (imej utara).**Rajah 6.27:** Nilai pelbagai indeks NDI bagi 20 sampel fitur hutan.

Column	Row	3\4	3\5	3\7	4\3	4\5	4\7	5\7
20	16	-0.512195	-0.259259	-0.298246	0.512195	0.291667	0.252525	-0.042254
66	10	-0.454545	0	-0.222222	0.454545	0.454545	0.258427	-0.222222
14	58	-0.546392	-0.241379	-0.254237	0.546392	0.351351	0.339286	-0.013699
12	50	-0.591837	-0.393939	-0.344262	0.591837	0.258065	0.310924	0.057471
60	90	-0.487179	-0.230769	-0.298246	0.487179	0.288889	0.221053	-0.072464
98	104	-0.567568	-0.36	-0.314286	0.567568	0.26087	0.308271	0.051546
40	130	-0.55102	-0.388889	-0.352941	0.55102	0.206349	0.245902	0.041667
86	146	-0.568627	-0.380262	-0.323077	0.568627	0.24031	0.300813	0.065217
40	172	-0.536842	-0.323077	-0.290323	0.536842	0.258621	0.292035	0.036145
10	214	-0.5625	-0.4	-0.322581	0.5625	0.209677	0.293103	0.088889
12	268	-0.520833	-0.292308	-0.269841	0.520833	0.269565	0.292035	0.02439
12	292	-0.584906	-0.405405	-0.290323	0.584906	0.235294	0.354839	0.130435
390	22	-0.619835	-0.465116	-0.352113	0.619835	0.217391	0.342466	0.135135
438	12	-0.346154	0.030303	-0.291667	0.346154	0.372549	0.060606	-0.319149
430	60	-0.461538	-0.373134	-0.34375	0.461538	0.106796	0.14	0.033708
402	156	-0.428571	-0.153846	-0.278689	0.428571	0.294118	0.170213	-0.294118
430	206	-0.493333	-0.309091	-0.377049	0.493333	0.217391	0.142657	-0.076923
426	218	-0.56	-0.3125	-0.362319	0.56	0.3	0.248	-0.05618
460	170	-0.531915	-0.333333	-0.3125	0.531915	0.241379	0.263158	0.023256
472	34	-0.355932	-0.136364	-0.309091	0.355932	0.230769	0.052632	-0.180328

Rajah 6.28: Nilai pelbagai indeks NDI bagi 20 sampel fitur kelapa sawit.

Column	Row	3\4	3\5	3\7	4\3	4\5	4\7	5\7
325	294	-0.566667	-0.495146	-0.365854	0.566667	0.099415	0.253333	0.157695
330	293	-0.577236	-0.504762	-0.388235	0.577236	0.102273	0.24359	0.144928
234	95	-0.52381	-0.315068	-0.230769	0.52381	0.25	0.333333	0.090909
247	109	-0.533981	-0.304348	-0.238095	0.533981	0.274194	0.338983	0.071429
325	296	-0.612903	-0.529412	-0.4	0.612903	0.123596	0.282051	0.164179
331	297	-0.570093	-0.342857	-0.268065	0.570093	0.282443	0.365854	0.093023
334	301	-0.574074	-0.313433	-0.28125	0.574074	0.317829	0.349206	0.035294
338	300	-0.572816	-0.333333	-0.290323	0.572816	0.296	0.338843	0.047619
327	308	-0.574074	-0.378378	-0.269841	0.574074	0.25	0.36	0.120879
330	305	-0.561905	-0.323629	-0.258065	0.561905	0.291339	0.355372	0.071429
337	305	-0.561905	-0.323629	-0.28125	0.561905	0.291339	0.333333	0.046512
340	307	-0.544554	-0.333333	-0.269841	0.544554	0.258065	0.322034	0.069767
342	310	-0.553571	-0.295775	-0.253731	0.553571	0.308271	0.348837	0.045455
329	312	-0.52381	-0.275362	-0.21875	0.52381	0.290323	0.344538	0.060241
334	311	-0.55102	-0.266667	-0.290323	0.55102	0.333333	0.310345	-0.025641
336	312	-0.529412	-0.323944	-0.25	0.529412	0.248	0.322034	0.08046
332	313	-0.535354	-0.313433	-0.245902	0.535354	0.266667	0.333333	0.073171
336	313	-0.54717	-0.323944	-0.261638	0.54717	0.271318	0.333333	0.068182
339	313	-0.555556	-0.323944	-0.272727	0.555556	0.262443	0.333333	0.06618
342	313	-0.54717	-0.323944	-0.261638	0.54717	0.271318	0.333333	0.068182

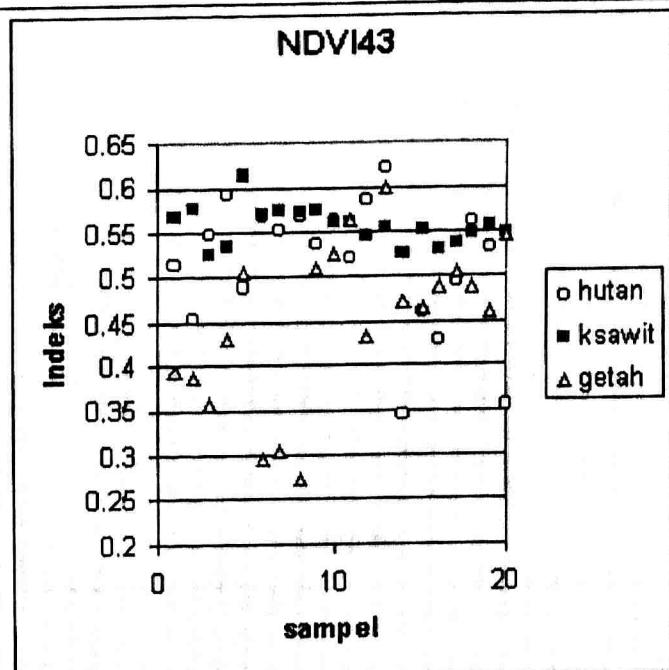
Rajah 6.29: Nilai pelbagai indeks NDI bagi 20 sampel fitur getah.

Column	Row	3\4	3\5	3\7	4\3	4\5	4\7	5\7
46	401	-0.393258	-0.349398	-0.28	0.393258	0.050847	0.127273	0.076923
51	398	-0.388235	-0.333333	-0.277778	0.388235	0.063063	0.12381	0.061224
43	407	-0.368025	-0.373494	-0.333333	0.368025	-0.01786	0.028037	0.045872
51	413	-0.431818	-0.382716	-0.324324	0.431818	0.058824	0.126	0.066667
66	417	-0.504762	-0.388235	-0.297297	0.504762	0.144928	0.244094	0.102804
39	427	-0.295775	-0.180328	-0.242424	0.295775	0.121951	0.057471	-0.064935
64	428	-0.304348	-0.25	-0.272727	0.304348	0.058824	0.34483	-0.058824
40	436	-0.272727	-0.157895	-0.225806	0.272727	0.12	0.05	-0.070423
328	191	-0.609434	-0.485149	-0.36	0.509434	0.032258	0.19403	0.162791
349	177	-0.524752	-0.414634	-0.342466	0.524752	0.140741	0.222222	0.084112
332	203	-0.563025	-0.446809	-0.315789	0.563025	0.15528	0.300699	0.152642
353	192	-0.432432	-0.222222	-0.25	0.432432	0.232558	0.204545	-0.232658
325	174	-0.6	-0.494949	-0.342105	0.6	0.149425	0.324503	0.184
319	192	-0.471698	-0.44	-0.308642	0.471698	0.04	0.19084	0.152
335	189	-0.463918	-0.446809	-0.373494	0.463918	0.021583	0.109375	0.088
361	178	-0.488889	-0.352113	-0.28125	0.488889	0.165217	0.240741	0.078652
323	199	-0.504862	-0.388235	-0.306667	0.504862	0.144928	0.234375	0.092593
350	187	-0.488872	-0.343284	-0.301687	0.488872	0.174312	0.219048	0.046512
335	204	-0.459459	-0.387755	-0.259259	0.459459	0.087248	0.227273	0.142857
356	196	-0.543866	-0.48	-0.358025	0.543866	0.08642	0.230769	0.147287

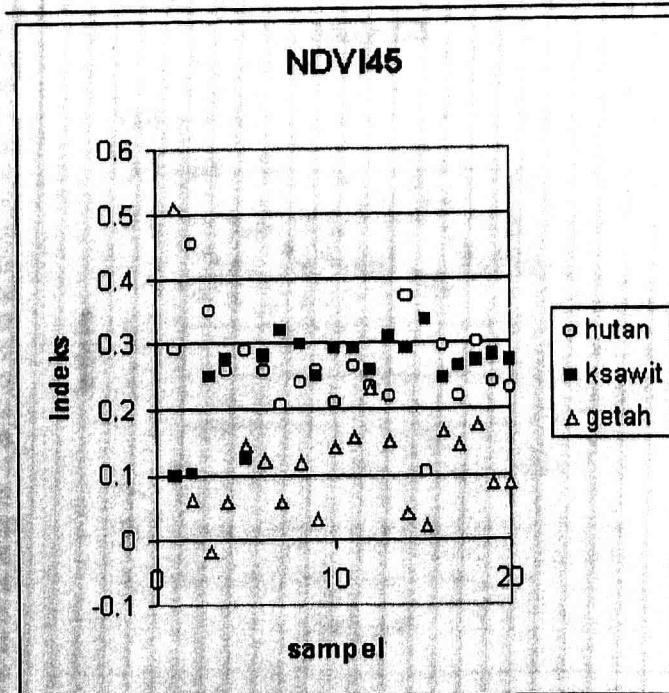
Nota: Indeks a/b adalah songsang bagi indeks b/a. Rajah di atas hanya merekodkan salah satu indeks.
 contohnya indeks 3/7 = -0.358025 (negatif), maka indeks 7/3 bagi sampel yang sama adalah 0.358025 (nilai sama tapi positif).

Rajah 6.30: Statistik 3 fitur tumbuhan dalam 6 imej NDI terpilih.

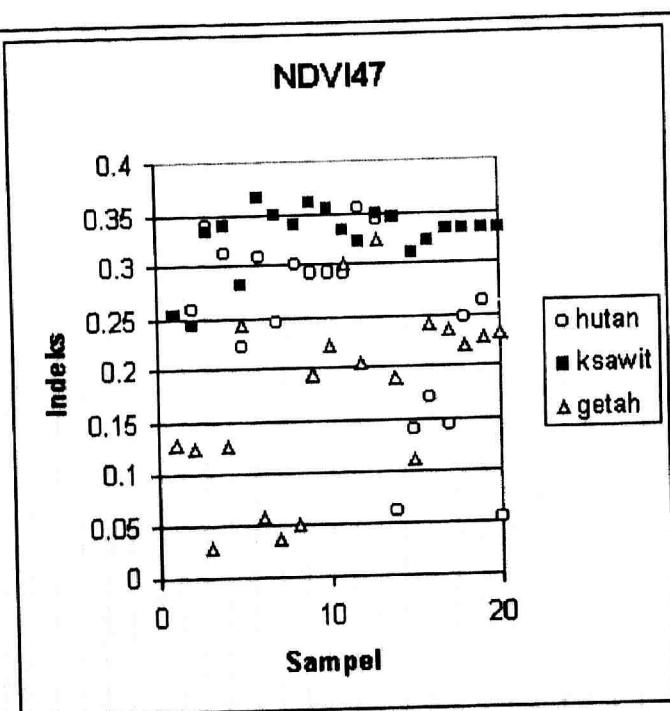
imej	sampel	hutan	ksawit	getah
ndvi43	1	0.512195	0.566667	0.393258
	2	0.454545	0.577236	0.388235
	3	0.546392	0.52381	0.358025
	4	0.591837	0.533981	0.431818
	5	0.487179	0.612903	0.504762
	6	0.567568	0.570093	0.295775
	7	0.55102	0.574074	0.304348
	8	0.568627	0.572816	0.272727
	9	0.536842	0.574074	0.509434
	10	0.5625	0.561905	0.524752
	11	0.520833	0.561905	0.563025
	12	0.584906	0.544554	0.432432
	13	0.619835	0.553571	0.6
	14	0.346154	0.52381	0.471698
	15	0.461538	0.55102	0.463918
	16	0.428571	0.529412	0.488889
	17	0.493333	0.535354	0.504762
	18	0.56	0.54717	0.488372
	19	0.531915	0.555556	0.459459
	20	0.356932	0.54717	0.54386
Minimum		0.346154	0.52381	0.272727
Maximum		0.619835	0.612903	0.6
Mean		0.5140881	0.555854	0.449977
Median		0.5343785	0.554564	0.467808
Sd		0.0739171	0.021782	0.090467



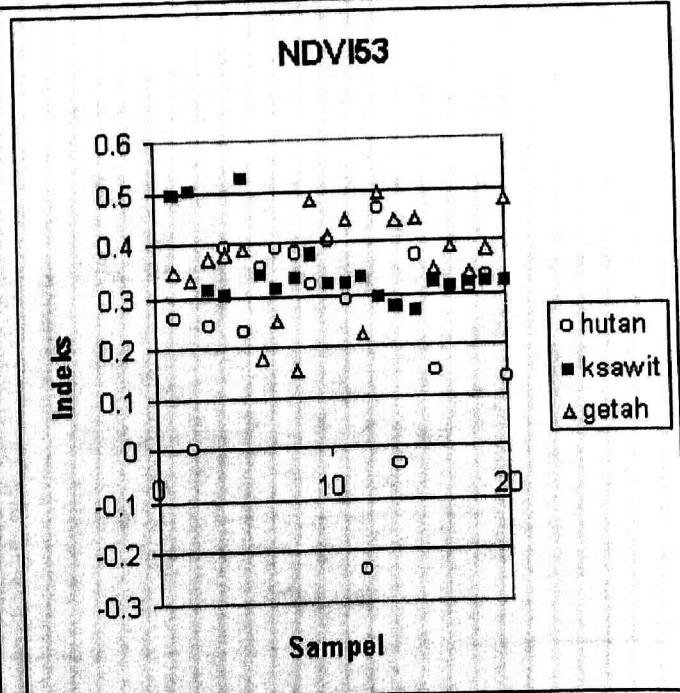
imej	sampel	hutan	ksawit	getah
ndvi45	1	0.291667	0.099415	0.50847
	2	0.454545	0.102273	0.063063
	3	0.351351	0.25	-0.01786
	4	0.258065	0.274194	0.058824
	5	0.288889	0.123596	0.144928
	6	0.26087	0.262443	0.121951
	7	0.206349	0.317829	0.058824
	8	0.24031	0.296	0.12
	9	0.258621	0.25	0.032258
	10	0.209677	0.291339	0.140741
	11	0.26665	0.291339	0.15528
	12	0.235294	0.258065	0.232658
	13	0.217391	0.308271	0.149426
	14	0.372549	0.290323	0.04
	15	0.106796	0.333333	0.021683
	16	0.294118	0.248	0.185217
	17	0.217391	0.266667	0.144928
	18	0.3	0.271318	0.174312
	19	0.241379	0.282444	0.087248
	20	0.230769	0.271318	0.08642
Minimum		0.106796	0.099415	-0.07786
Maximum		0.454545	0.333333	0.50847
Mean		0.2650841	0.255408	0.124409
Median		0.258343	0.272756	0.120976
Sd		0.0717068	0.067254	0.109469



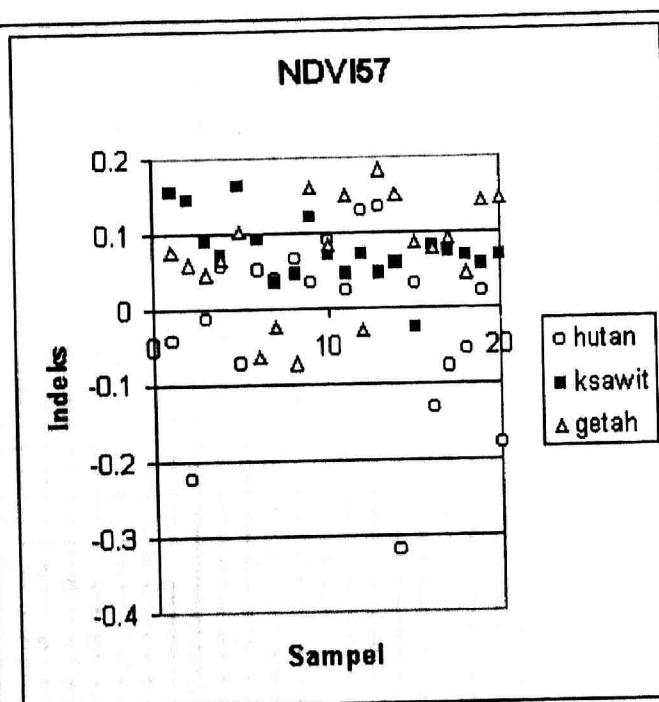
imej	sampel	hutan	ksawit	getah
ndvi47	1	0.252525	0.253333	0.127273
	2	0.258427	0.24359	0.12361
	3	0.339286	0.333333	0.028037
	4	0.310924	0.338983	0.125
	5	0.221053	0.282051	0.244094
	6	0.308271	0.368584	0.057471
	7	0.245902	0.349206	0.034483
	8	0.300813	0.338843	0.05
	9	0.292035	0.36	0.19403
	10	0.293103	0.355372	0.222222
	11	0.292035	0.333333	0.300699
	12	0.354839	0.322034	0.204545
	13	0.342466	0.348837	0.324503
	14	0.060606	0.344538	0.19064
	15	0.14	0.310345	0.109375
	16	0.170213	0.322034	0.240741
	17	0.142857	0.333333	0.234375
	18	0.248	0.333333	0.219048
	19	0.263158	0.333333	0.227273
	20	0.052632	0.333333	0.230769
Minimum		0.052632	0.24359	0.028037
Maximum		0.354839	0.368584	0.324503
Mean		0.2444573	0.326751	0.174429
Median		0.2607925	0.333333	0.199288
Sd		0.0882159	0.032392	0.087284



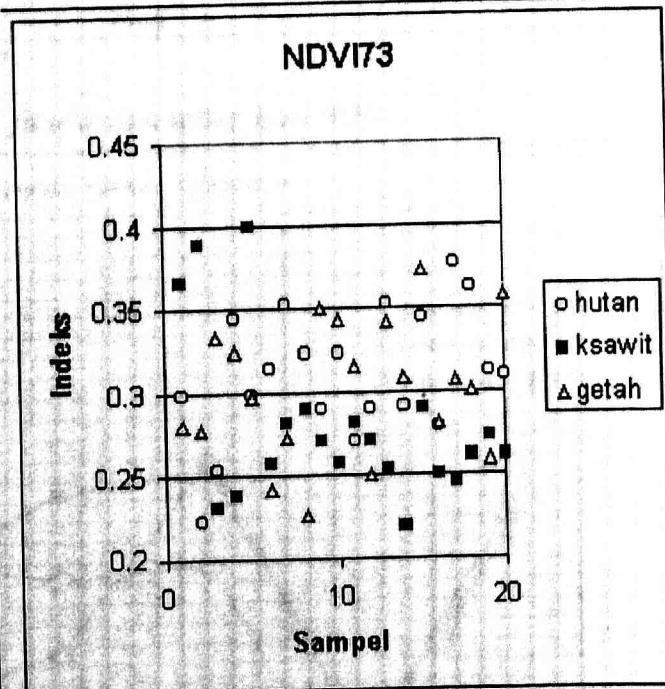
imej	sampel	hutan	ksawit	getah
ndvi53	1	0.259259	0.495146	0.349398
	2	0	0.504762	0.333333
	3	0.241379	0.315068	0.373494
	4	0.393939	0.304348	0.382716
	5	0.230769	0.529412	0.386236
	6	0.36	0.342857	0.180328
	7	0.388889	0.313433	0.25
	8	0.380282	0.333333	0.157895
	9	0.323077	0.378378	0.486149
	10	0.4	0.323529	0.414634
	11	0.292308	0.323529	0.446809
	12	-0.235294	0.333333	0.222222
	13	0.465116	0.295775	0.494949
	14	-0.030303	0.275362	0.44
	15	0.373134	0.266667	0.446809
	16	0.163846	0.323944	0.352113
	17	0.309091	0.313433	0.388235
	18	0.3125	0.323944	0.343284
	19	0.333333	0.323944	0.387755
	20	0.136364	0.323944	0.48
Minimum		-0.235294	0.266667	0.157895
Maximum		0.465116	0.529412	0.494949
Mean		0.2543845	0.347207	0.359861
Median		0.3107955	0.323944	0.382716
Sd		0.1737172	0.07399	0.080255



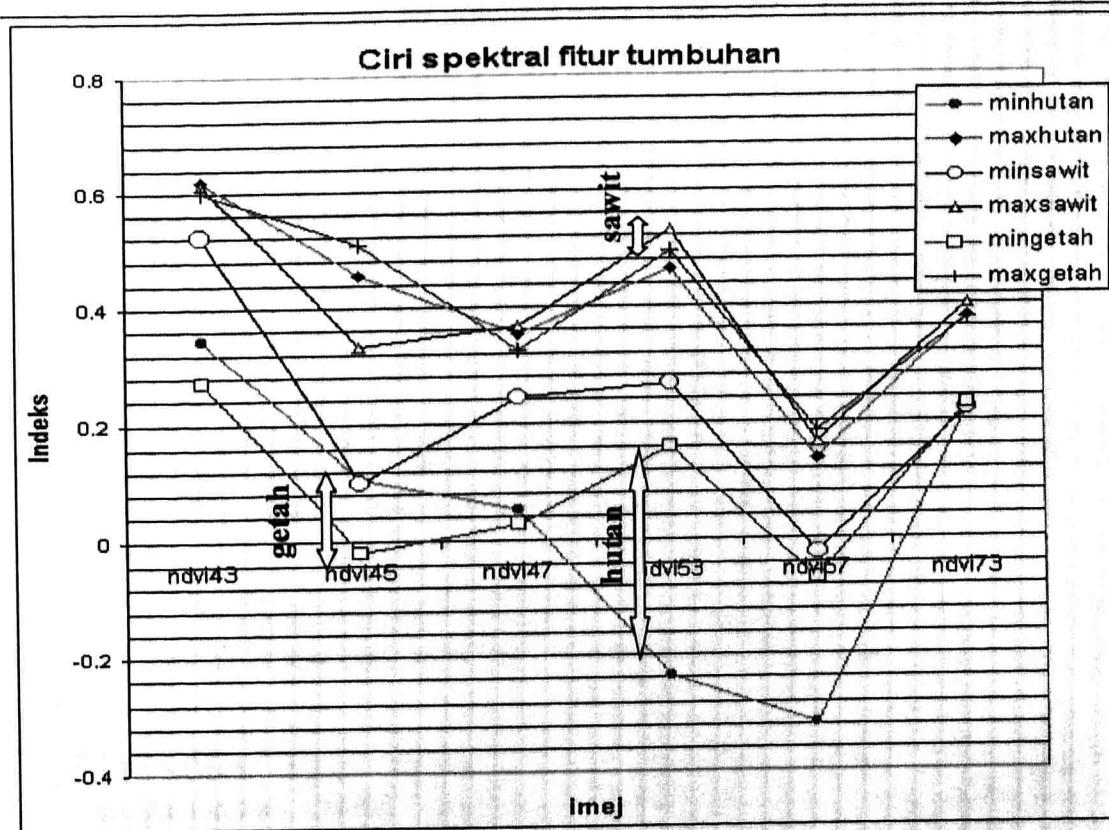
imej	sampel	hutan	ksawit	getah
ndvi57	1	-0.042254	0.157895	0.076923
	2	-0.222222	0.144928	0.061224
	3	-0.013699	0.090909	0.045872
	4	0.057471	0.071429	0.066867
	5	-0.072464	0.164179	0.102604
	6	0.051546	0.093023	-0.06494
	7	0.041667	0.035294	-0.02439
	8	0.065217	0.047619	-0.07042
	9	0.036145	0.120879	0.162791
	10	0.088889	0.071429	0.084112
	11	0.02439	0.046512	0.152542
	12	0.130435	0.069767	-0.02941
	13	0.135135	0.045455	0.184
	14	-0.319149	0.060241	0.152
	15	0.033708	-0.02564	0.088
	16	-0.130435	0.08046	0.078652
	17	-0.076923	0.073171	0.092593
	18	-0.05618	0.068182	0.046512
	19	0.023256	0.05618	0.142657
	20	-0.180328	0.068182	0.147287
Minimum		-0.319149	-0.02564	-0.07042
Maximum		0.135135	0.184179	0.184
Mean		-0.02129	0.077005	0.074784
Median		0.023823	0.070598	0.081382
Sd		0.1184788	0.044252	0.074742



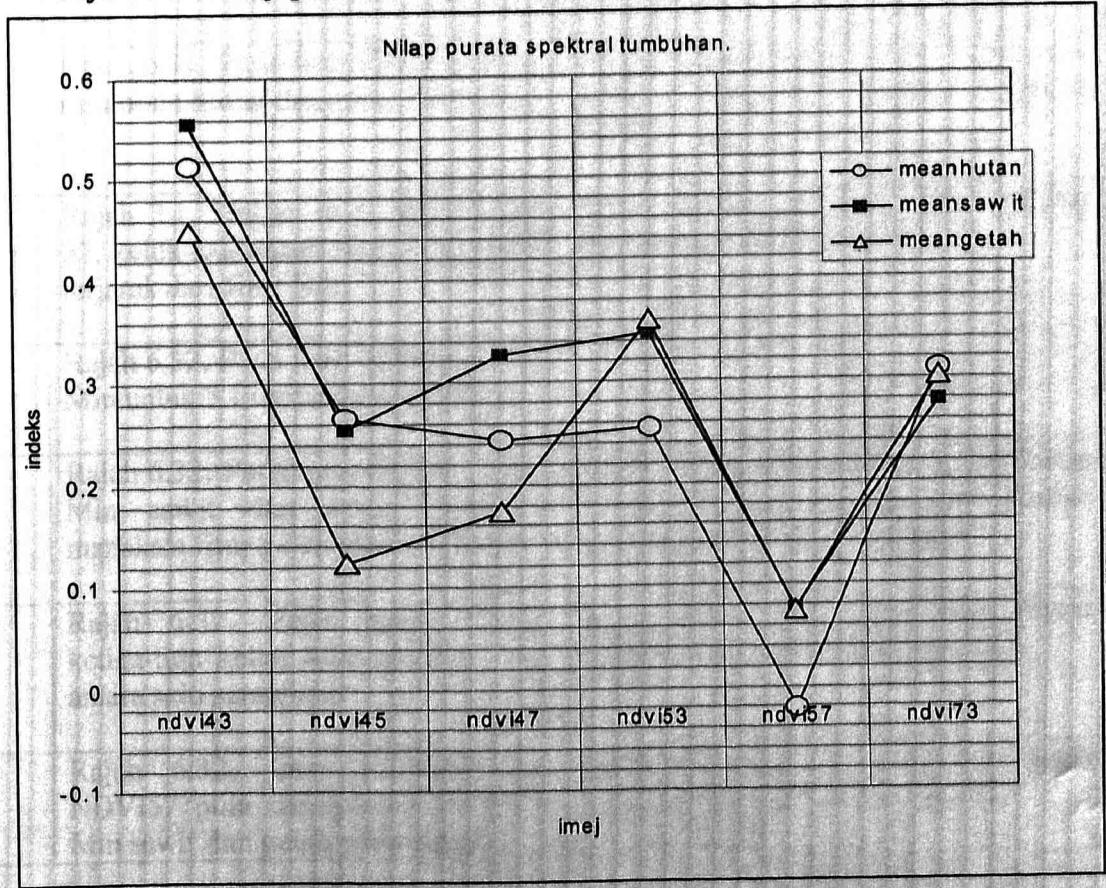
imej	sampel	hutan	ksawit	getah
ndvi73	1	0.298246	0.365854	0.28
	2	0.222222	0.388235	0.277778
	3	0.254237	0.230769	0.333333
	4	0.344262	0.238095	0.324324
	5	0.298246	0.4	0.297297
	6	0.314286	0.268065	0.242424
	7	0.352941	0.28125	0.272727
	8	0.323077	0.290323	0.225806
	9	0.290323	0.269841	0.35
	10	0.322581	0.268065	0.342468
	11	0.269841	0.28125	0.315789
	12	0.290323	0.269841	0.26
	13	0.352113	0.253731	0.342105
	14	0.291667	0.21875	0.308642
	15	0.34375	0.290323	0.373494
	16	0.278689	0.26	0.26125
	17	0.377049	0.245902	0.306687
	18	0.362319	0.261638	0.301687
	19	0.3125	0.272727	0.269259
	20	0.309091	0.261638	0.368025
Minimum		0.222222	0.21875	0.225100
Maximum		0.377049	0.4	0.373494
Mean		0.3104564	0.279305	0.302149
Median		0.3125	0.26569	0.304127
Sd		0.0396566	0.049354	0.040912



Rajah 6.31: Graf garis: Keluk minimum dan maksimum fitur dalam setiap imej NDI



Rajah 6.32: Graf garis min 3 fitur dalam setiap imej NDI.



	Pemerhatian:	Catatan atau kesimpulan.
1	Rajah 6.30. Setiap fitur mempunyai satu kekelompokan atau julat indeks tertentu yang agak unik dalam setiap imej NDI.	Namun, zon pertindihan juga diperhatikan antara fitur getah, hutan dan kelapa sawit yang tidak mudah untuk diceraikan taburannya.
2	Rajah 6.31 cuba menggambarkan bagaimanakah corak indeks untuk setiap fitur merentasi imej NVI.	Didapati imej NDI73 kurang berkesan dalam membeza-nilaikan 3 fitur tumbuhan tersebut kerana jarak antara Keluk Maksimum mahupun Minimum ketiga-tiga fitur adalah rapat dan sukar untuk diasingkan.
3	Rajah 6.31. Secara umumnya keluk Maksimum antara 3 fitur pada semua NDI adalah berkedudukan dekat.	Ini bermakna ia sukar dan tidak sesuai digunakan dalam membezakan fitur-fitur berkenaan.
4	Rajah 6.31. Keluk minimum adalah lebih terjarak antara satu sama lain.	Ini satu petanda baik kerana terdapat perbezaan jelas bagi indeks yang mewakili 3 jenis fitur yang dikaji.
5	Imej NDI45 dalam Rajah 6.31 menggambarkan keluk minimum sawit dan hutan bersilang manakala keluk minimum getah adalah terjarak dari dua fitur lain.	Ia bermakna adalah sukar untuk mengasingkan fitur hutan dengan kelapa sawit pada NDI tersebut, tetapi fitur getah mudah dikenali melalui indeksnya.
6	Rajah 6.31. Pada imej NDI47, keluk minimum hutan dan getah bersilang.	Sukar hendak membezakan hutan dan getah menggunakan keluk minimum NDI47.
7	Rajah 3.1. Dalam imej NDI53 dan 57, keluk minimum fitur hutan jelas terjarak dari fitur lain.	Hutan berkemungkinan lebih senang dikesan pada NDI53 dan 57.
8	Rajah 6.32. Pada imej NDI43, Keluk Min untuk 3 fitur tersusun rapat.	
9	Rajah 6.32. Pada imej NDI45, keluk Min sawit dan hutan bertindih manakala fitur getah jelas terpisah.	Sukar bezakan Kelapa sawit dan hutan dengan NDI45. Namun, lebih mudah untuk mengesan kawasan getah.
10	Rajah 6.32. Pada imej NDI47, ketiga-tiga keluk Min tersusun jauh antara satu sama lain.	Maka inilah imej yang jelas dapat membezakan 3 fitur tumbuhan ini.
11	Rajah 6.32. Imej NDVI53 dan NDVI57 pula memperlihatkan keluk Min sawit dan getah yang rapat.	Sukar membezakan sawit dan getah menggunakan NDI53 dan NDI57.

12	Rajah 6.32. Keluk Min hutan jelas terjarkan dari keluk fitur lain dalam kedua-dua imej NDI53 dan NDI57.	Hutan dapat dibezakan dengan dua fitur yang lain dengan mudah.
13	Rajah 6.32. Dalam imej NDI73, semua keluk Min sukar diasingkan.	NDI73 tidak sesuai digunakan untuk membezakan 3 fitur terpilih tersebut.

Semua maklumat terkumpul ini amat berguna untuk mengatur prosedur pengelasan pada bahagian kajian yang menyusul.

6.3.3 Penyediaan "training area" fitur terpilih tumbuhan dengan NDI.

"Training area" kali ini tidak dilakukan dengan kaedah "screen digitising" seperti kaedah konvensional, ia disediakan dengan adanya nilai ambang tertentu yang mewakili fitur tertentu dalam imej NDI tertentu. Kaedah penyediaan "training area" dengan indeks NDI ini dapat meminimumkan kesubjektifan pengguna semasa memilih poligon "training area". Rajah 6.33 cuba memaparkan julat indeks yang mewakili setiap fitur dalam setiap NDI. Histogram setiap NDI juga dilampirkan pada rajah yang sama untuk pemeriksaan.

Berdasarkan pengetahuan yang dikumpulkan sebelum ini, perbezaan fitur getah dengan fitur tumbuhan yang lain jelas dalam NDI45. Rujuk carta bar terapong NDI45 dalam Rajah 6.33, terdapat satu bahagian julat NDI45 yang hanya mewakili fitur getah dan tidak dikongsi dengan fitur tumbuhan lain (dibulatkan dalam rajah). Nilai ambang yang boleh digunakan untuk mengenali fitur getah adalah -0.02 - 0.1.

Fitur hutan dicerminkan dengan -0.23 - 0.15 dalam indeks NDI53 manakala -0.3 - -0.1 pada NDI57.

Fitur kelapa sawit menghadapi masalah pada tahap ini kerana julat indeks sawit dalam semua NDI didapati berkongsi dengan fitur lain. Ini dicerminkan oleh bar "sawit" dalam Rajah 6.33 yang pendek dan berada dalam julat indeks NDI yang sama

dengan fitur getah dan hutan. Hanya pada NDI47, diperhatikan terdapat indeks yang tidak dikongsi oleh dua fitur lain (dibulatkan dalam Rajah 6.33). Indeks 0.35 - 0.37 dalam NDI47 dipilih untuk mewakili fitur sawit.

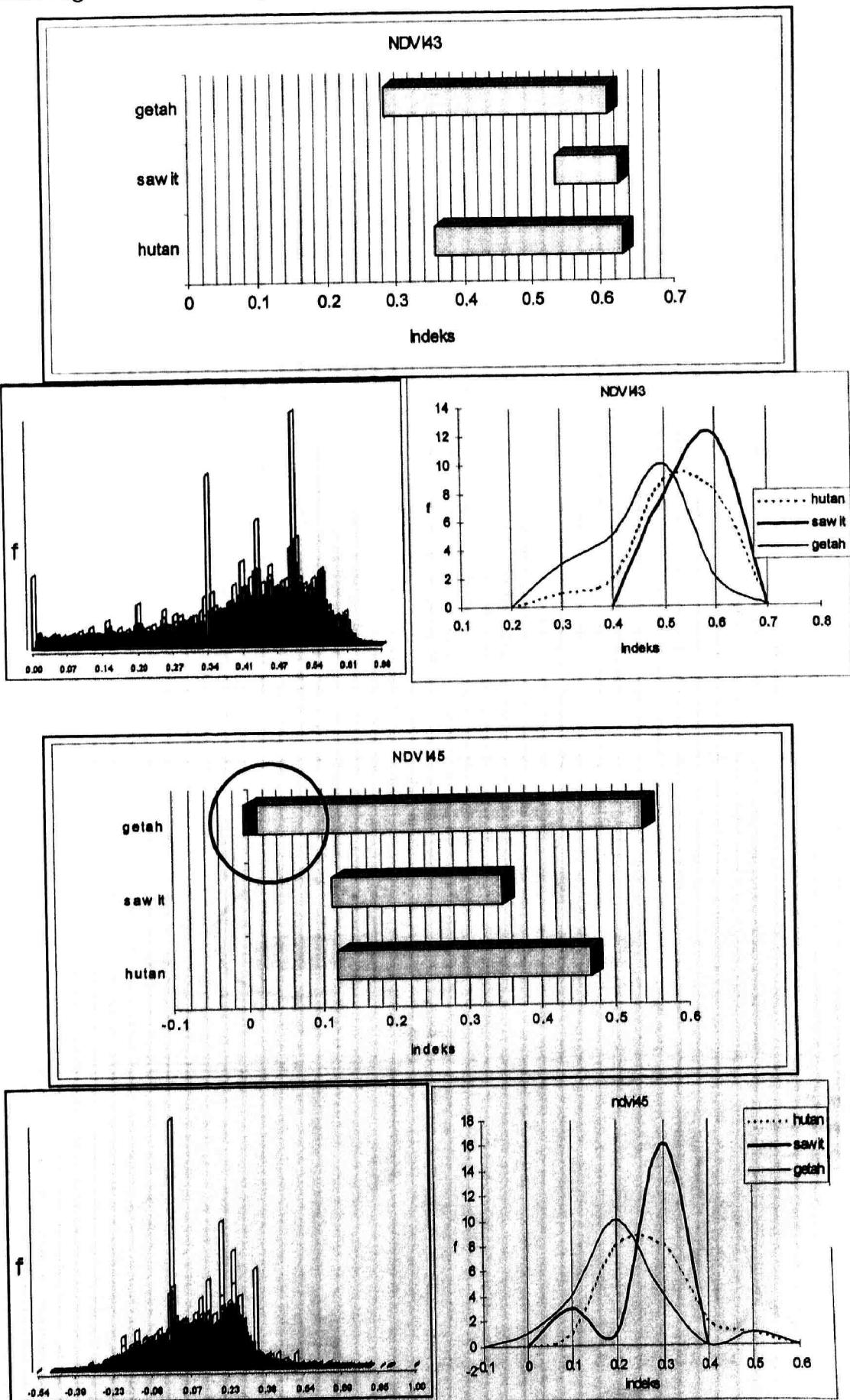
Untuk memberikan satu gambaran yang jelas tentang pertindihan julat indeks antara fitur, graf garis disediakan seperti contoh yang dipaparkan dalam Rajah 6.34. Pada NDI43, jelas bahawa fitur air mempunyai zon julat indeksnya yang diwakili dengan keluk garis yang bercorak normal, yang mana terasing dengan keluk-keluk fitur tumbuhan yang tertumpu di sebelah kanan graf. Graf garis yang sama juga disertakan dalam Rajah 6.33 bagi setiap NDI terpilih.

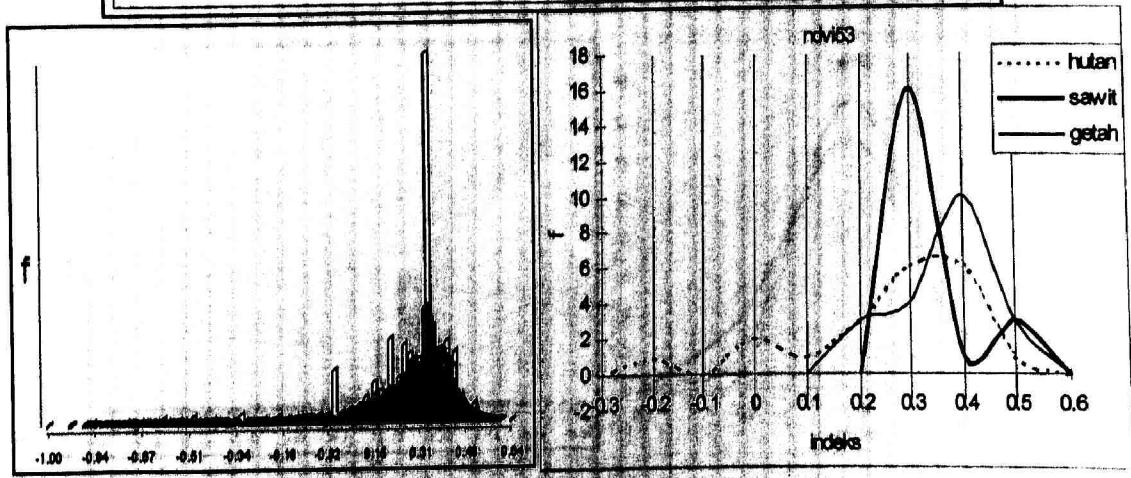
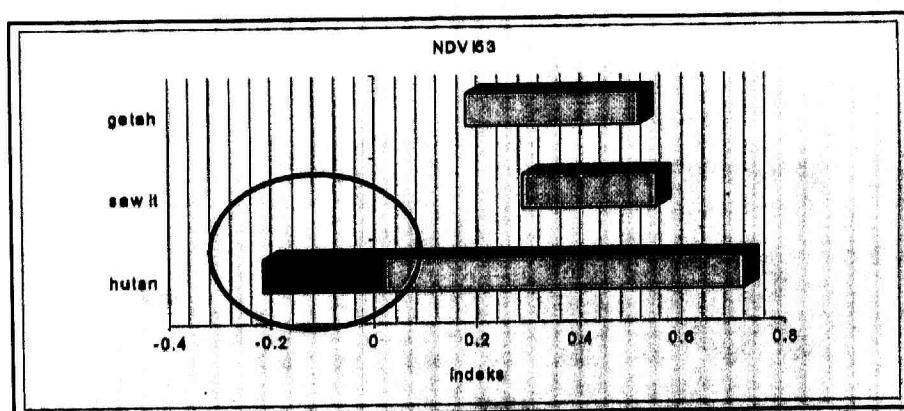
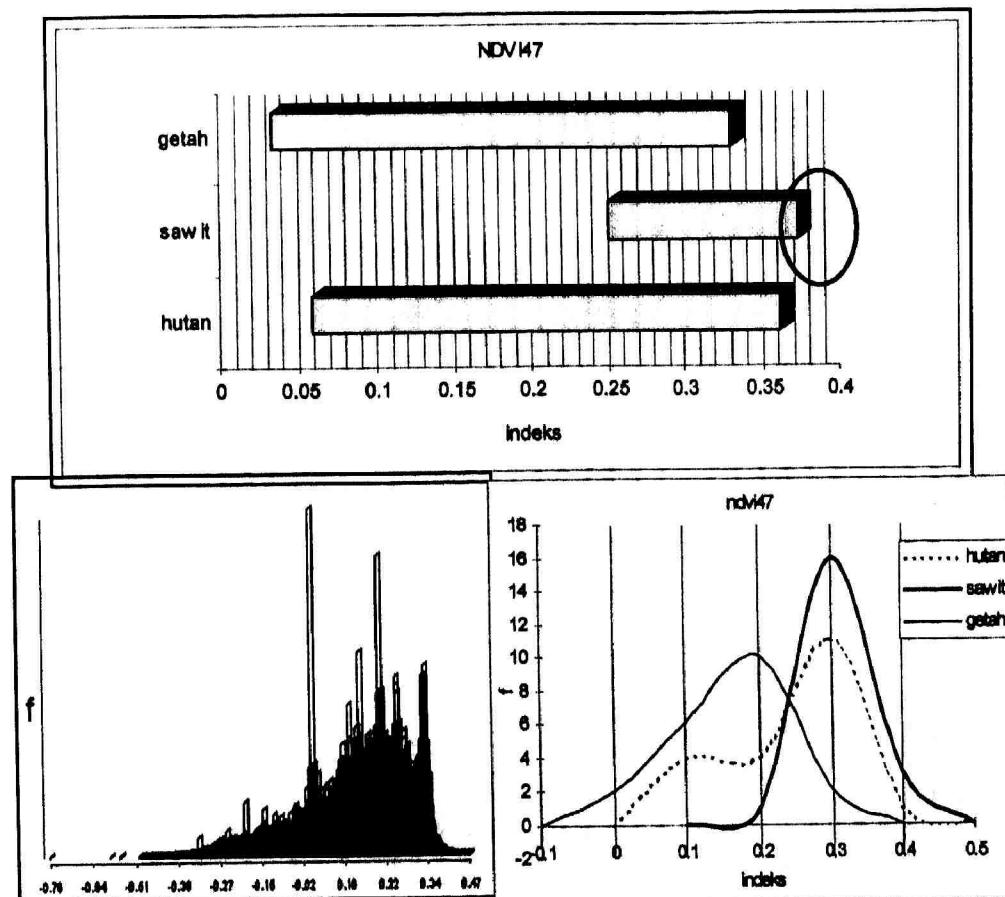
Pada graf NDI73, jelas bahawa pertindihan antara keluk adalah terlalu rapat sehingga sukar untuk mengenali yang mana getah dan yang mana hutan atau sawit. NDI45 dan NDI53 mungkin adalah imej yang sesuai dikaji kerana keluk fitur getah, hutan dan sawit tidak bertindih terlalu rapat.

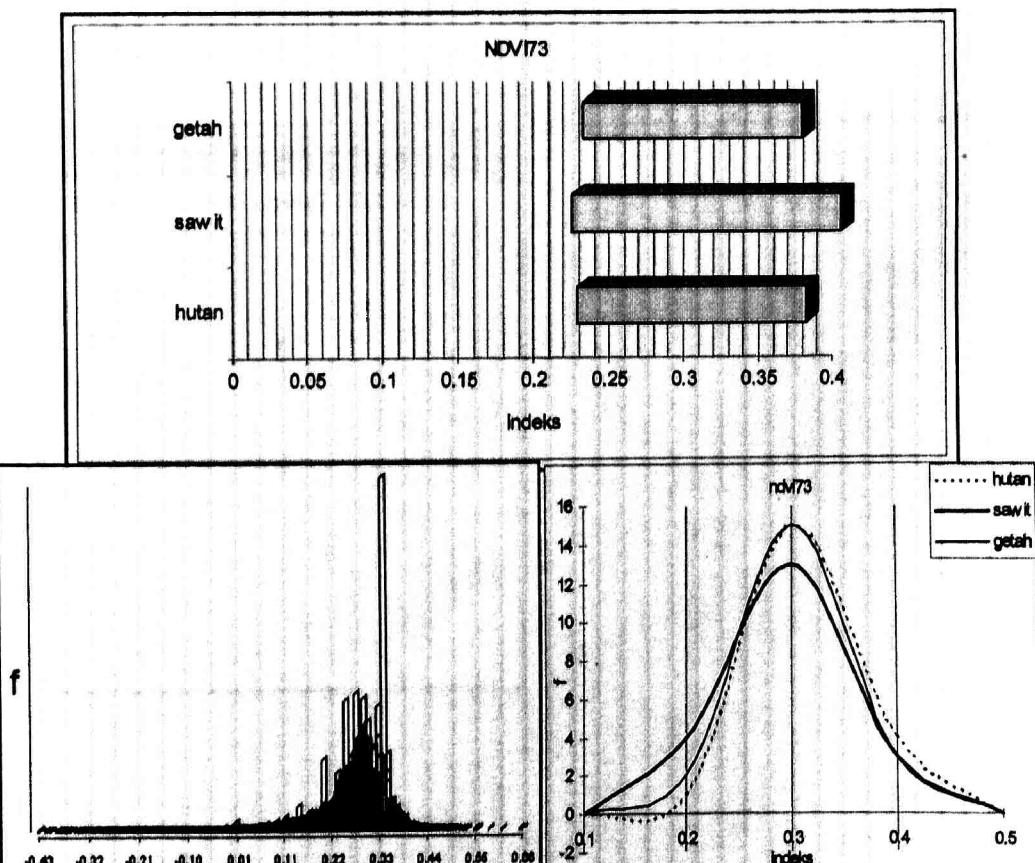
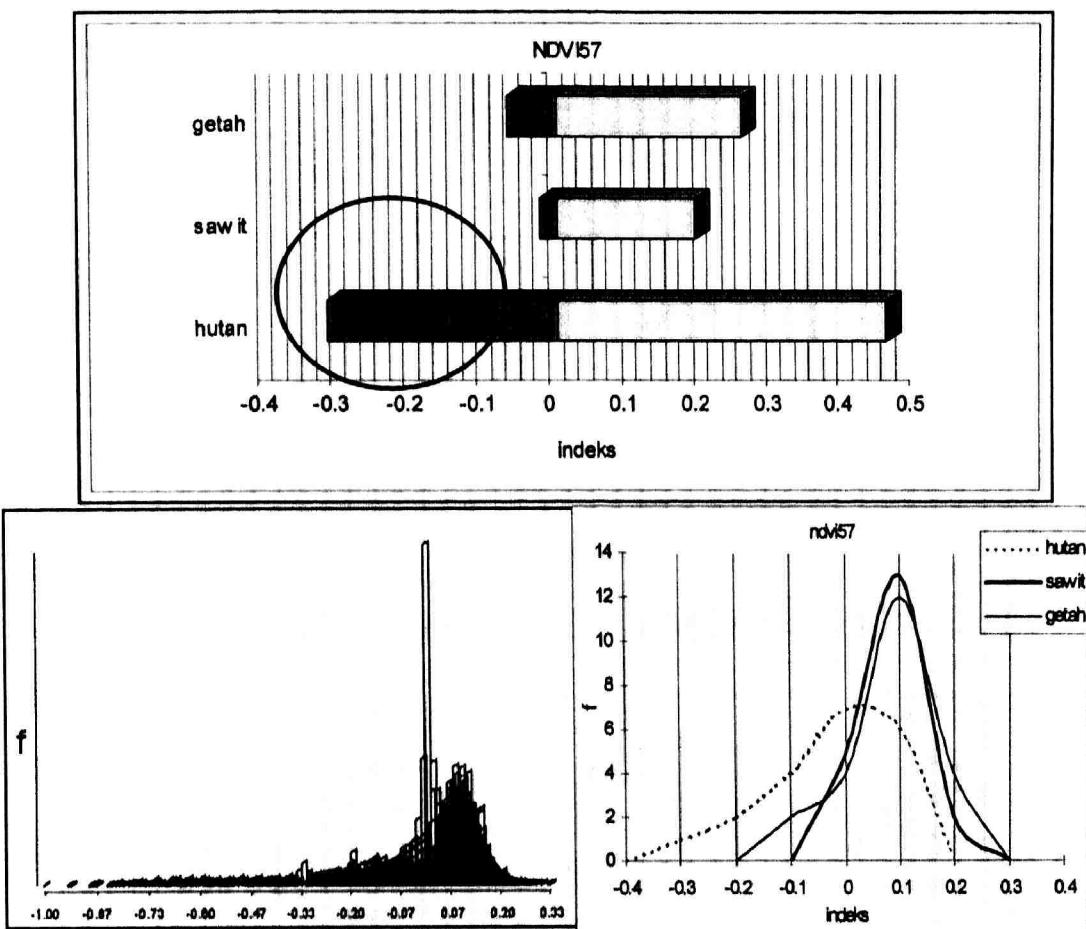
"Training area" dengan indeks NDI dilaksanakan dengan module "reclass" dalam Idrisi. Contohnya menurut kajian indeks sebelum ini, telah diputuskan bahawa "fitur hutan yang tulin" (tidak berkongsi spektral dengan fitur tumbuhan lain) diwakili dengan indeks -0.3 - -0.1 dalam NDVI57. Maka "reclass" menghasilkan satu "mask" ataupun "training area" di mana semua piksel yang terjatuh dalam julat -0.3 - -0.1 dalam NDI57 dikategorikan sebagai 1, piksel lain dikelaskan sebagai 0. Hasil "reclass" untuk ketiga-tiga fitur tumbuhan dipaparkan dalam Rajah 6.35.

"Training area" getah dan hutan dalam Rajah 6.35 telah diperiksa ketepatannya secara visual di skrin, didapati bahawa ia berjaya 100% mewakili fitur masing-masing. Namun, seperti yang dijangkakan semasa kajian indeks NDI, fitur sawit mengalami masalah kerana julat yang dipilih sebagai piksel sawit tulin adalah terlampau sedikit bilangannya.

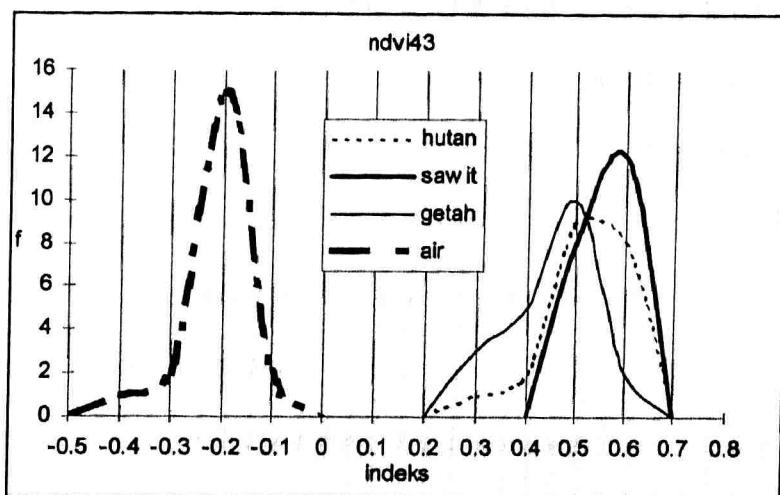
Rajah 6.33: Carta bar terapong yang menggambarkan julat indeks 3 fitur dalam setiap imej NDI.(dipadani dengan carta histogram NDI serta graf garis 3 fitur berkenaan bagi NDI berkenaan)



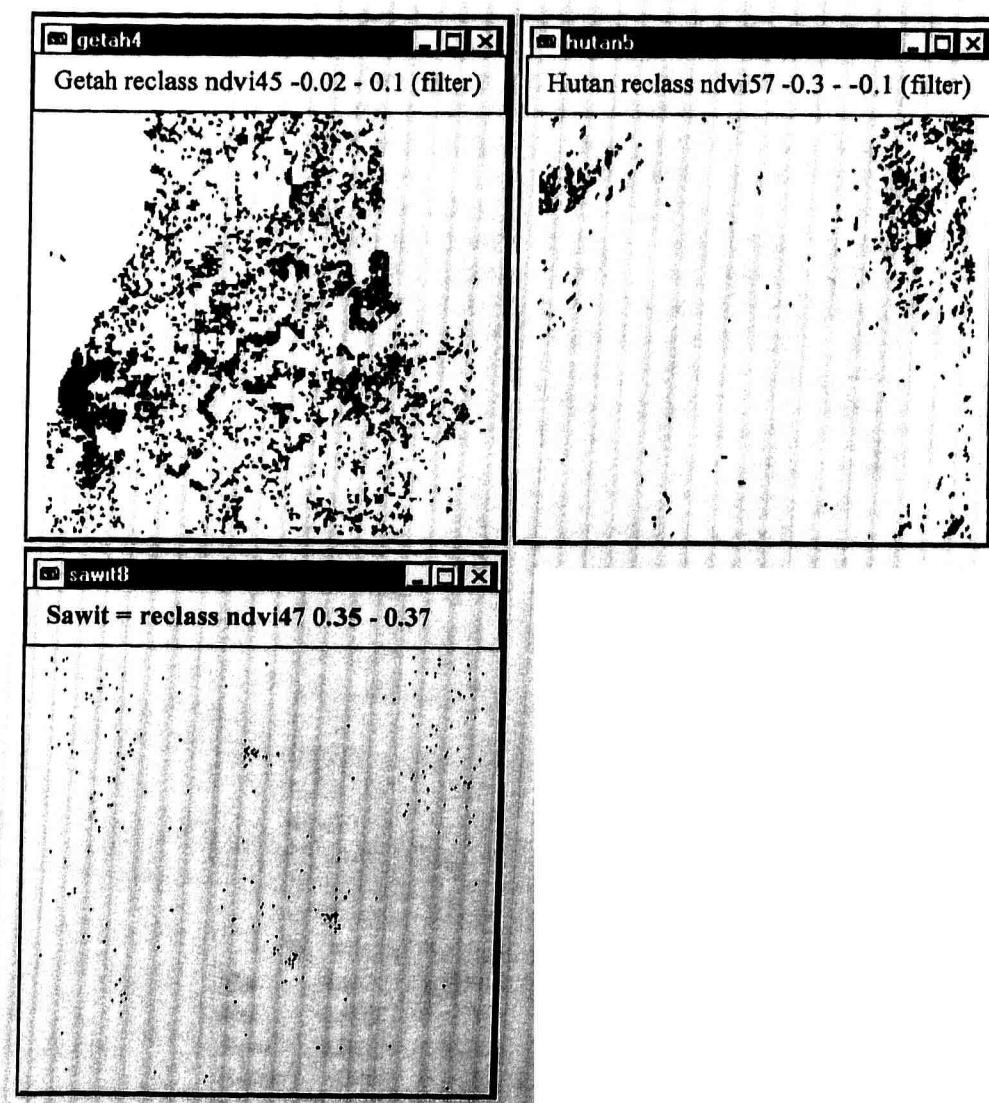




Rajah 6.34: Contoh Graf garis menggambarkan pertindihan indeks antara fitur.



Rajah 6.35: Hasil "training area" dari indeks NDVI.



6.3.4 Pemeriksaan semula indeks NDVI bagi fitur bermasalah: kelapa sawit.

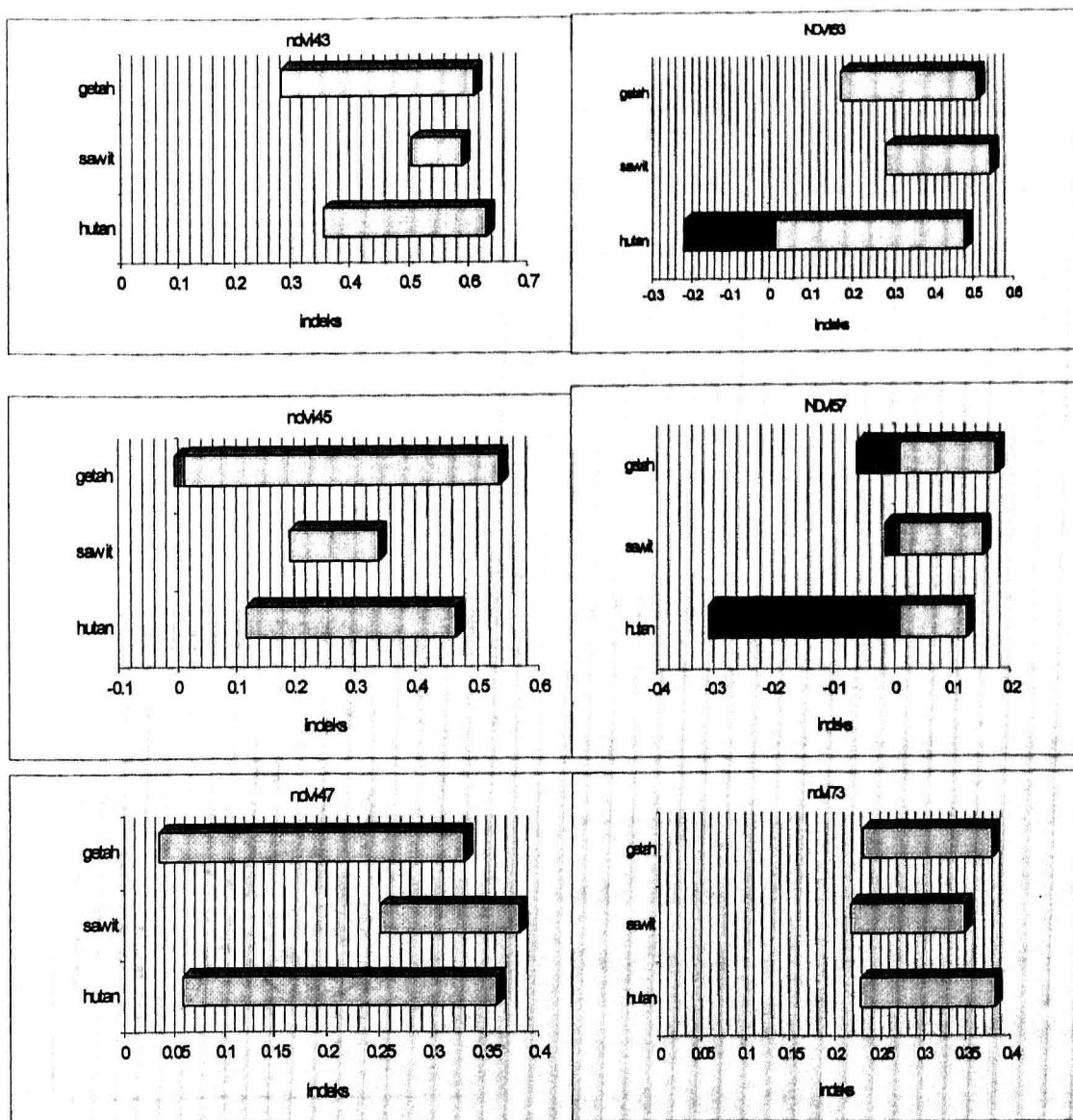
Persoalan yang timbul di sini ialah: adakah 20 sampel yang diperiksa dalam 6.3.1 tidak mewakili fitur sawit dengan menyeluruh? Untuk menjawap persoalan ini, proses pemeriksaan sampel dilakukan semula dengan pemilihan 30 sampel sawit dari imej yang sama. Rajah 6.36 menunjukkan nilai indeks 30 sampel baru untuk fitur kelapa sawit dalam pelbagai imej NDI.

Rajah 6.36: Maklumat 30 sampel sawit diringkaskan dalam bentuk jadual dan statistik.

sample	ndvi43	ndvi45	ndvi47	ndvi53	ndvi57	ndvi73
1	0.555566	0.302326	0.354839	0.304348	0.058824	0.25
2	0.515789	0.285714	0.297297	0.269841	0.012658	0.258065
3	0.538462	0.28	0.333333	0.304348	0.058824	0.25
4	0.514019	0.246154	0.306452	0.306667	0.065217	0.246337
5	0.514563	0.209302	0.310924	0.342105	0.108696	0.242424
6	0.504951	0.216	0.266667	0.324324	0.063763	0.275362
7	0.519231	0.305785	0.295082	0.25373	-0.11765	0.264706
8	0.567568	0.26087	0.359375	0.36	0.10897	0.261538
9	0.531532	0.223022	0.287879	0.35	0.069307	0.287671
10	0.494737	0.183333	0.245614	0.342466	0.065217	0.283582
11	0.54717	0.301587	0.344262	0.294118	0.047619	0.25
12	0.561905	0.291339	0.355372	0.323529	0.071429	0.258065
13	0.557692	0.306452	0.338843	0.30303	0.036145	0.269841
14	0.566038	0.286822	0.31746	0.333333	0.033708	0.30303
15	0.578947	0.294964	0.374046	0.342466	0.088889	0.261538
16	0.575221	0.328358	0.369231	0.304348	0.046512	0.261538
17	0.561905	0.291339	0.344262	0.323529	0.058824	0.269841
18	0.541284	0.272727	0.344	0.315068	0.078652	0.242424
19	0.570093	0.3125	0.3125	0.313433	0	0.313433
20	0.54902	0.295082	0.327731	0.30303	0.036145	0.269841
21	0.541667	0.264957	0.321429	0.323077	0.061728	0.266667
22	0.563636	0.293233	0.376	0.323944	0.093023	0.238095
23	0.576923	0.28125	0.312	0.352941	0.33708	0.323077
24	0.527273	0.302326	0.354839	0.267606	0.058824	0.212121
25	0.50.54857	0.28714	0.338843	0.304348	0.058824	0.25
26	0.571429	0.262295	0.283333	0.363636	0.022727	0.34375
27	0.536354	0.256198	0.299145	0.323529	0.046512	0.26125
28	0.557522	0.284672	0.353846	0.324324	0.076928	0.253731
29	0.519231	0.19697	0.284553	0.358974	0.092784	0.275362
30	0.54955	0.293233	0.333333	0.305558	0.044444	0.264706
<i>Min</i>	0.494737	0.183333	0.245614	0.25373	-0.11765	0.212121
<i>Max</i>	0.578947	0.328358	0.376	0.363636	0.33708	0.34375
<i>Mean</i>	0.545113	0.273065	0.32475	0.318722	0.062447	0.2676
<i>Median</i>	0.54902	0.286268	0.330532	0.323303	0.058824	0.263722
<i>SD</i>	0.02361	0.0359802	0.032713	0.026953	0.066096	0.026666

Semua statistik baru tentang fitur sawit telah untuk membina semula carta bar terapong seperti yang diplotkan dalam Rajah 6.37. Adalah dibuktikan pada tahap ini bahawa tiada perubahan besar diperhatikan antara Rajah 6.33 (julat indeks setiap fitur berdasarkan pemeriksaan sampel kali pertama) dengan Rajah 6.37 (julat indeks bagi percubaan kedua memeriksa sampel sawit).

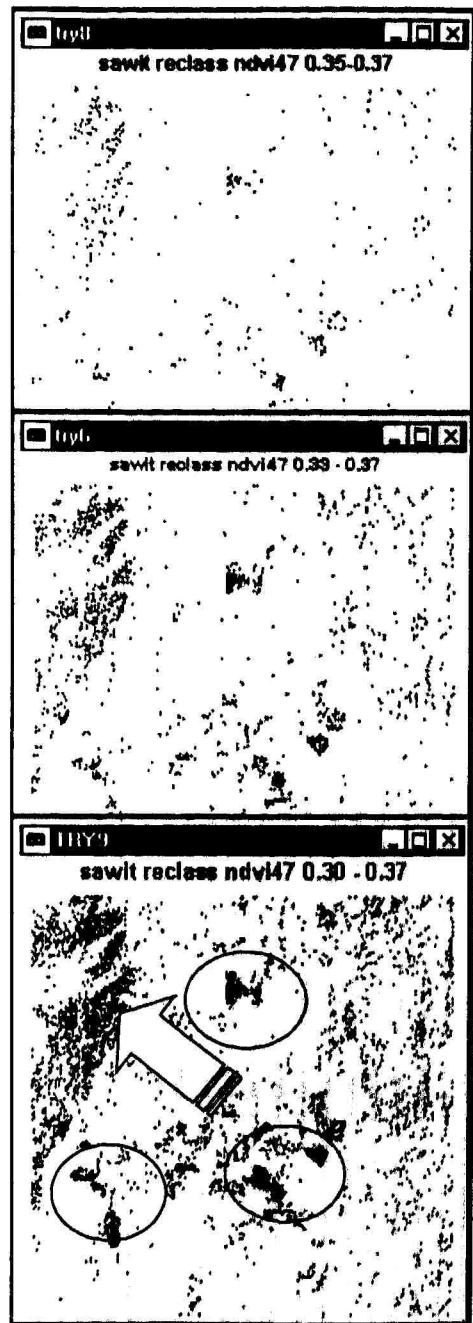
Rajah 6.37: Carta bar terapong selepas sampel sawit diperiksa semula.



Setelah pemeriksaan semula indeks NDI untuk fitur sawit dijalankan, terbukti bahawa pencerapan sampel dalam tahap 6.3.2 serta semua maklumat dan statistik yang terkumpul sebelum ini dapat disahkan benar. **Masalah sawit bukan disebabkan oleh**

prosedur pencerapan sampel, ia adalah akibat ciri spektralnya yang terlampaui mirip dengan fitur hutan.

Rajah 6.38: Percubaan menyediakan "training area" Sawit dengan julat indeks NDI yang berbeza.



Bahagian 6.3.2 gagal menyediakan

"training area" sawit yang baik akibat julat indeksnya yang terlalu sempit. Julat 0.35 - 0.37 NDI47 yang diguna sebelum ini diputuskan selepas kajian indeks NDI dan mendapati julat tersebut adalah piksel sawit yang tulen. Apakah hasilnya sekiranya julat ini dilebarkan lagi? Adakah julat yang lebih lebar dapat merangkumi lebih banyak piksel sawit di kawasan kajian?

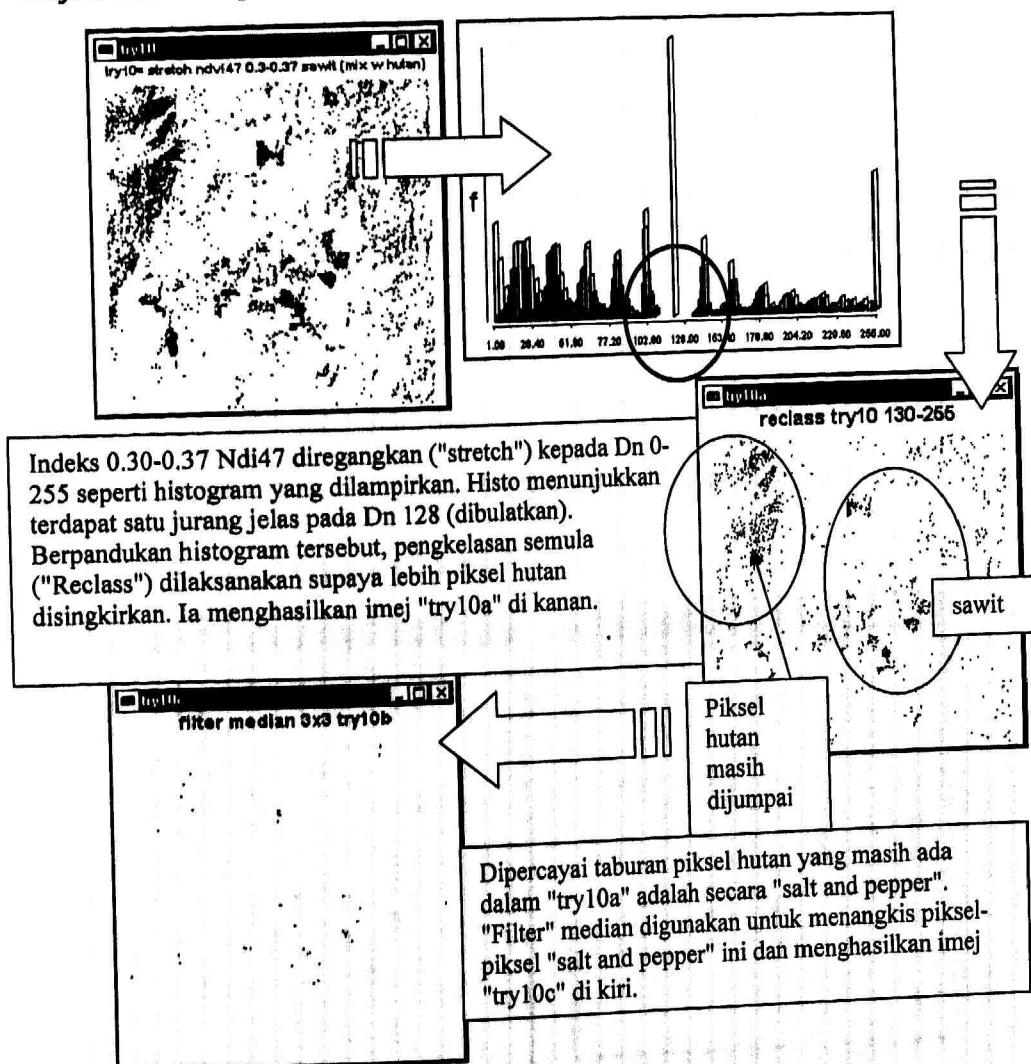
Eksperimen dilakukan dengan menggunakan julat indeks NDI47 0.33 - 0.37. Hasilnya diperhatikan pada plot kedua Rajah 6.38. Manakala percubaan menyediakan "training area" sawit dengan julat indeks NDI47 0.30 - 0.37 pula menghasilkan plot ketiga Rajah 6.38.

Keputusan membuktikan bahawa dengan julat indeks yang lebih lebar, kawasan sawit semakin menonjol (dibulatkan pada plot ketiga). Malangnya julat lebar ini bertindih dengan piksel fitur

6.3.5 Percubaan "filter" untuk mengasingkan spektral sawit dengan hutan.

Bahagian 6.3.4 menyimpulkan bahawa ciri spektral kelapa sawit adalah terlalu mirip dengan fitur hutan. Satu eksperimen telah dilaksanakan bertujuan untuk mengasingkan spektral sawit dan hutan. Indeks 0.30-0.47 bagi NDI47 diinputkan dalam eksperimen ini. Seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6.38, julat indeks ini mewakili piksel sawit dicampuri dengan sedikit piksel hutan. Untuk memudahkan analisis selanjutnya, julat indeks yang sempit ini telah diregangkan ("stretch") kepada 0-255. Eksperimen tersebut telah diringkaskan dalam Rajah 6.39 untuk memberikan satu gambaran jelas tentang pemprosesan yang dilakukan.

Rajah 6.39: Eksperimen untuk mengasingkan spektral sawit dan hutan.



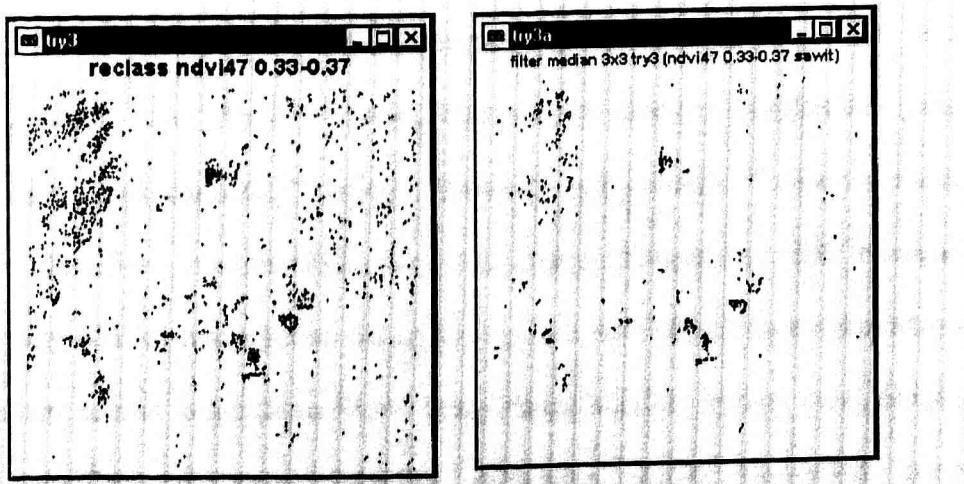
Keputusan dari eksperimen tersebut sekali lagi mematahkan semangat untuk mengasingkan secara sempurna spektral sawit dengan hutan. Rujukkan imej hasilan

eksperimen berkenaan (imej bawah Rajah 6.39). Didapati walaupun kebanyakan piksel hutan telah berjaya disingkirkan, namun, begitu juga dengan banyak piksel sawit yang ingin dikekalkan. Kaedah yang cuba digunakan dalam eksperimen ini telah gagal mencapai objektif. Piksel-piksel hasil dari eksperimen adalah terlampau sedikit dan tidak sesuai untuk dijadikan "training area".

Dalam kes mengasingkan spektral hutan dan sawit, percubaan demi percubaan telah dilaksanakan, kegagalan demi kegagalan telah dialami. Keputusan terpaksa dibuat pada tahap ini iaitu spektral hutan dan sawit adalah terlalu mirip untuk dipecahkan secara spektral. **Percubaan untuk menyelesaikan masalah ini kini beralih dan akan dijalankan pada prosedur pengelasan.**

Jadi, penyediaan "training area" sawit berdasarkan indeks NDI terpaksalah menggunakan julat indeks 0.30-0.37 atau 0.33-0.37 NDVI47 yang sebenarnya merupakan julat indeks yang diduduki fitur sawit tetapi dicampuri dengan piksel hutan. Untuk menyederhanakan campuran piksel hutan, maka diputuskan bahawa NDVI47 0.33-0.37 dipakai. Rajah 6.40 memaparkan imej yang digunakan sebagai "training area" sawit, imej kiri menampilkan ndvi47 (0.33-0.37), manakala imej kanan adalah hasil "filter-median" bertujuan untuk menyingkir kesan "salt and pepper".

Rajah 6.40: "training area" sawit.



6.3.6 Penyediaan "signature" dari "training area".

Bahagian 6.3.2 dan 6.3.3 telah membincangkan konsep penyediaan "training area" dari indeks NDI. Tahap seterus adalah proses pembinaan "signature" dari "training area" yang telah disiapkan. Pembinaan "signature" adalah proses penjanaan statistik tentang fitur terpilih, ia dilaksanakan dengan module "Image Processing - Signature Development -makesig" dalam Idrisi.

- Satu tetingkap "Signature extraction" timbul di skrin memerlukan beberapa parameter untuk melaksanakan "makesig".
- Butang radio "image" dipilih pada bahagian "type of training site file" kerana "training area" disediakan dengan pengkelasan semula indeks NDI dan bukan dalam format vektor.
- Kaedah pengkelasan konvensional menggunakan band individu tetapi mengalami masalah seperti yang dibincangkan pada bahagian awal (Bab 4). Oleh yang demikian, percubaan kali ini menggunakan imej NDI untuk pembinaan "signature".

6.3.7 Pengkelasan "Bayesian" berdasarkan "signature NDI".

Pengkelasan konvensional seperti Mindist dan Maxlike biasanya dikategorikan sebagai "*hard classifier*". Kategori pengkelasan ini menghasilkan satu output di mana setiap piksel dikelaskan kepada satu dan hanya satu kelas berdasarkan "signature" serta kaedah pengkelasan yang dipilih. Namun, terdapat satu kategori pengkelasan yang dikenali sebagai "*soft classifier*" seperti "*bayesian soft classifier*" dalam perisian Idrisi. "Soft classifier" menghasilkan satu set output (bergantung pada bilangan "signature" yang ada) di mana setiap piksel mempunyai nilai tahap kebarangkaliannya tergolong dalam semua kelas (atau fitur). Pengkelasan Maxlike berkait rapat dengan "Bayesian classifier" di mana Maxlike digunakan untuk memeriksa tahap kebarangkalian sesuatu piksel berdasarkan "*Baye's theorem*".

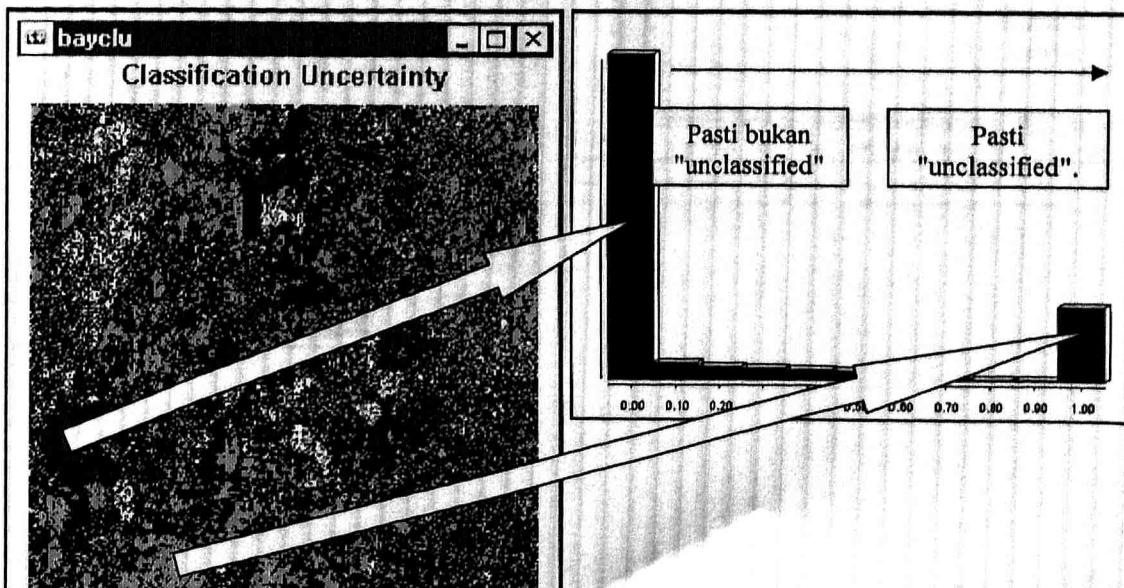
Pengkelasian "Bayesian" dikenali sebagai module "Bayclass" dalam Idrisi. Untuk melaksanakan module "Bayclass", pilih "image processing" dalam menu utama, pilih "soft classifier" dan kemudian "bayclass". Nama setiap "signature" berserta dengan pemberatnya ("prior probability") perlu diinputkan. Dalam kes ini kesemua imej NDI digunakan sebagai input kepada proses pengkelasian.

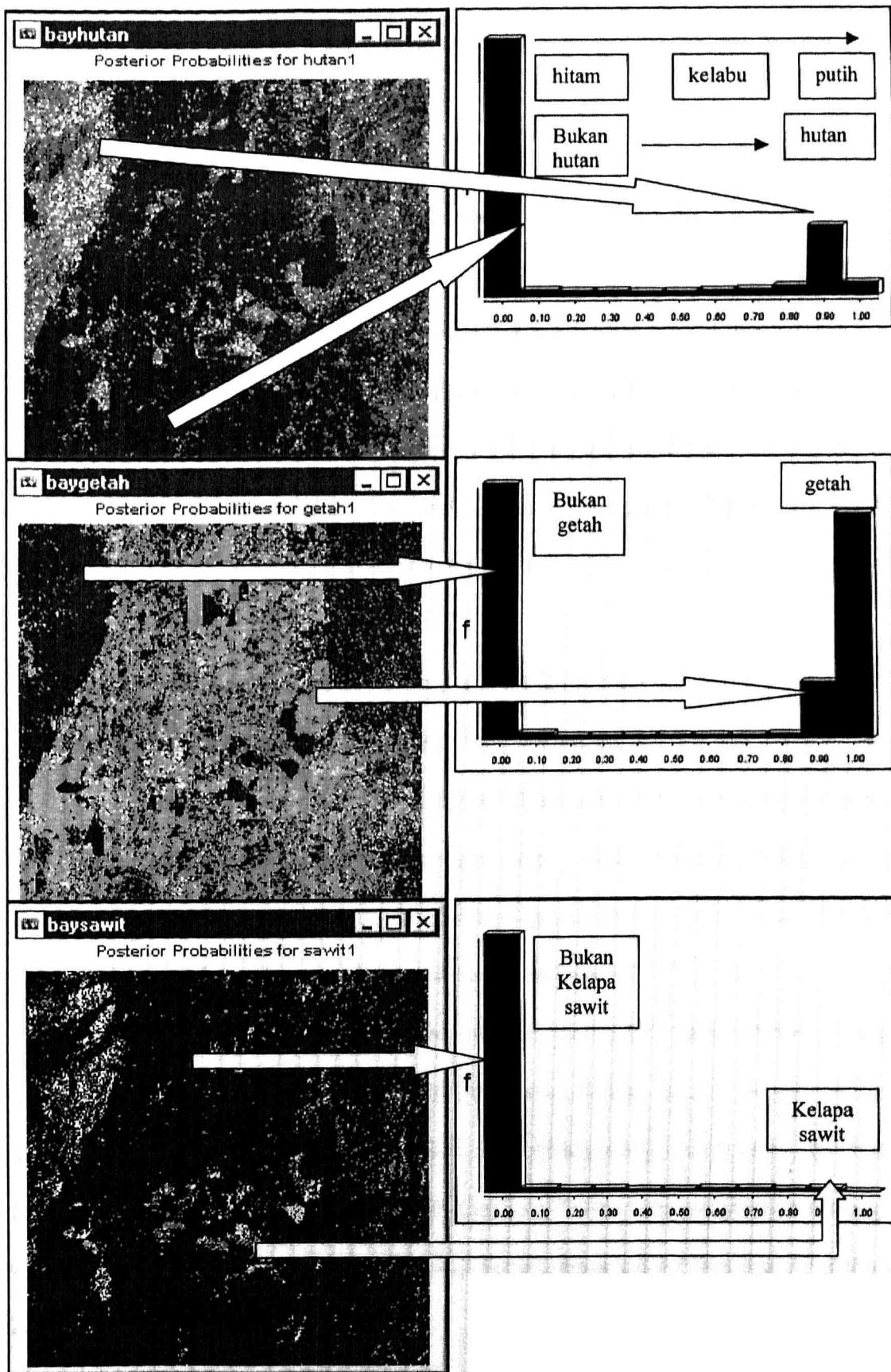
Pengkelasian "Bayesian" sebagai satu "soft classifier" menghasilkan satu set output. Terdapat 3 "signature" yang diproseskan, maka ia menghasilkan 1 output untuk fitur "getah", 1 untuk "hutan", 1 untuk "sawit" dan 1 output untuk piksel-piksel yang tidak dapat dikenali atau "unclassified" (Rajah 6.41).

Piksel dalam setiap output ini berjulat dari 0.0 - 1.0 yang menggambarkan tahap kebarangkaliannya tergolong dalam sesuatu fitur. Graf histogram yang dilampirkan di sebelah imej output (Rajah 6.41) menunjukkan taburan piksel yang jatuh dalam setiap tahap kebarangkalian 0.0 - 1.0.

Contohnya output "bayesian" hutan (imej "Bayhutan") dalam Rajah 6.41, piksel dengan kebarangkalian tinggi diwarnakan dengan warna putih dan sebaliknya piksel gelap bermakna ia kurang atau tidak berkemungkinan tergolong dalam kelas tersebut. Perhubungan antara imej hasilan dengan histogram dipadankan dengan "tanda arah".

Rajah 6.41: 4 Imej hasilan dari "bayesian classification" dipadankan dengan histogramnya.





6.4 Perbezaan antara hasil pengkelasan konvensional dengan cadangan prosedur pengkelasan alternatif.

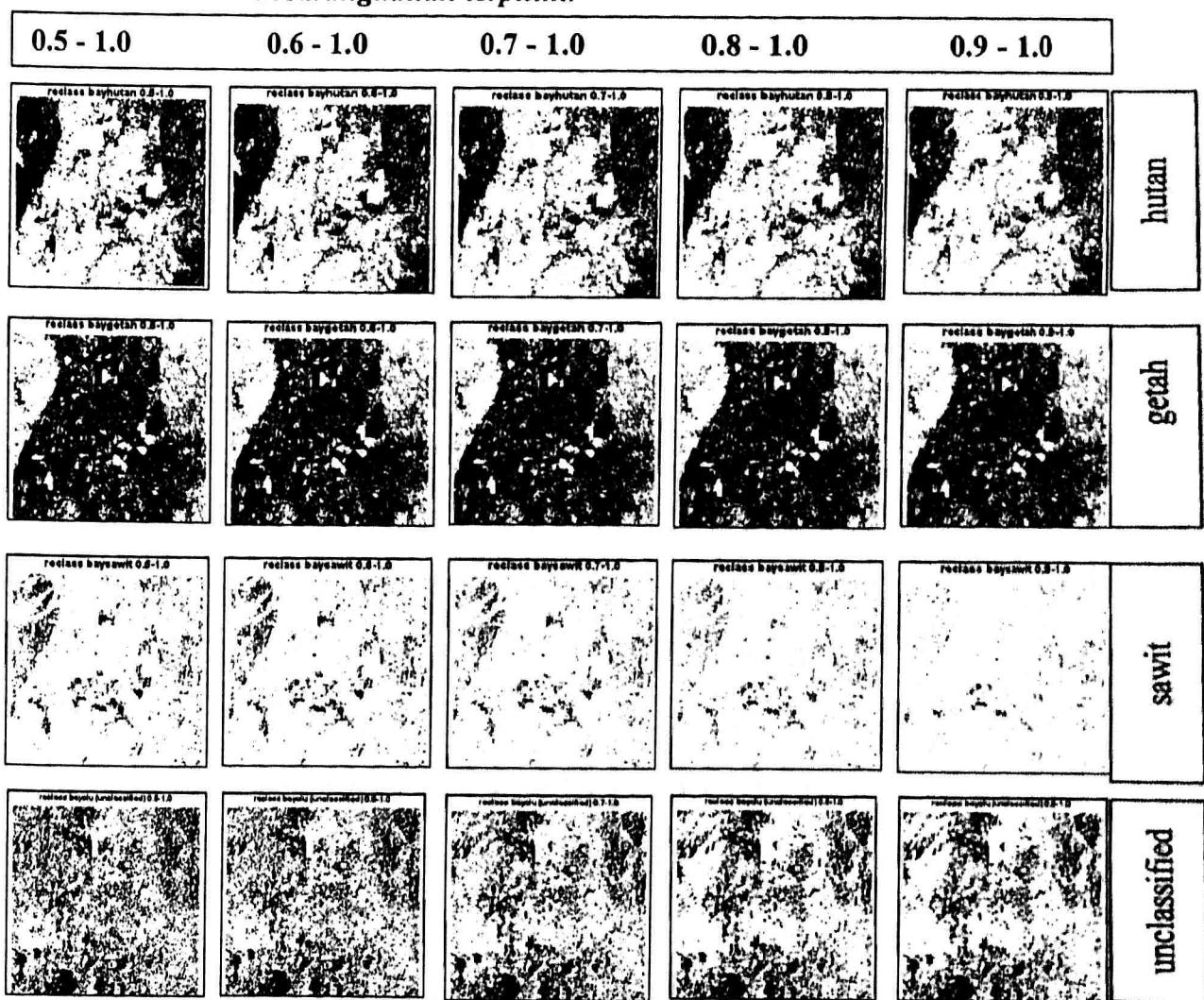
Pengkelasan konvensional iaitu pengkelasan diselia di mana "training area" disediakan dengan "screen digitising" dilaksanakan untuk diperbandingkan dengan hasil prosedur pengkelasan alternatif (cadangan pengkaji) yang mana "training area"nya disediakan dengan indeks NDI. Kaedah "soft classifier" iaitu pengkelasan Bayesian digunakan dalam prosedur pengkelasan alternatif. Ia menghasilkan satu set imej seperti yang dipaparkan pada Rajah 6.41. Oleh yang demikian, manipulasi harus dilakukan ke atas hasil ini untuk menyediakan satu peta bertema yang juga digunakan untuk perbandingan dengan hasil pengkelasan konvensional.

6.4.1 Pengkelasan semula hasil pengkelasan "Bayesian- soft classifier".

Pengkelasan "Bayesian" menghasilkan imej "bayhutan", "baygetah", "baysawit" serta "bayclu" (unclassified) menurut bilangan "signature" yang telah diproseskan. Setiap piksel dalam "bayhutan" diberikan satu nilai kebarangkalian yang menggambarkan sebesar mana kemungkinannya tergolong dalam kelas hutan. Begitu juga dengan keadaan imej "baygetah", "baysawit" serta "bayclu".

Penyediaan peta bertema yang melibatkan fitur-fitur yang berciri mirip dimulakan dengan pengkelasan semula ("Reclass"). Hanya piksel dengan tahap kebarangkalian yang cukup tinggi diambil kira sebagai tergolong dalam kelas tersebut. Keputusan yang harus dijawab pada peringkat ini ialah: *nilai kebarangkalian setinggi mana yang patut diterima sebagai kayu ukur pengkelasan piksel tersebut ke dalam kelas sesuatu fitur?*

Rajah 6.42: Pengkelasian semula ke atas hasil "Bayesian" menurut tahap kebarangkalian terpilih..



Rajah 6.43: Keluasan setiap fitur menurut kebarangkalian dalam imej "Bayesian".

Kebarangkalian	Keluasan dalam unit km persegi				
	0.5 - 1.0	0.6 - 1.0	0.7 - 1.0	0.8 - 1.0	0.9 - 1.0
Hutan	62.0163	59.3424	56.3193	52.6752	47.4030
Getah	116.9415	115.8921	114.7743	113.4279	111.5775
Sawit	10.3761	8.5959	6.4566	4.3272	2.5452
Unclassified	45.225	41.1696	37.2753	35.5752	35.4933

Rajah 6.42 menyenaraikan hasil pengkelasian semula imej pengkelas "bayesian". Lajur pertama adalah pengkelasian semula imej "bayhutan", "baygetah", "baysawit" dan "bayclu" pada kebarangkalian 0.5 - 1.0. Lajur kedua adalah 0.6 - 1.0 dan seterusnya. Semakin anjak ke kanan Rajah 6.42, semakin tinggi kebarangkaliannya, tetapi sebaliknya semakin kecil jumlah keluasan fitur tersebut akibat syarat pemilihan

piksel yang semakin ketat. Perbezaan keluasan ini telah direkodkan dalam Rajah 6.43, didapati ia adalah agak stabil di mana perbezaan adalah antara julat 1 - 5 km persegi atau dalam lingkungan 2.2% dari jumlah keluasan imej (jumlah keluasan imej berkenaan adalah 225 km persegi, ini bermakna perbezaan 5km persegi adalah $5/225 \times 100 = 2.2\%$ dari jumlah keluasan imej).

Kajian seterusnya menggunakan kebarangkalian 0.6 - 1.0 Bayesian kerana pemerhatian ke atas maklumat peta topo mendapati bahawa pengkelasan semula (reclass) hasil "bayesian" pada kebarangkalian 0.6 - 1.0 adalah memuaskan.

ID yang berbeza dibekalkan ke atas setiap fitur semasa pengkelasan semula. Getah diberikan ID 1, sawit diberikan ID 2, hutan diberikan ID 3 manakala piksel yang tidak berkenaan diberikan nilai 0. Ia bertujuan supaya fitur individu masih dapat dikenali setelah adunan. Setelah pengkelasan semula dijalankan, 3 imej ("bayh2" adalah kawasan hutan, "bayg2r" kawasan getah manakala "bays3" kawasan sawit) tersebut harus diadunkan (overlay) untuk membina satu peta bertema yang bermakna.

6.4.2: Pemetaan bertema dengan kaedah NDI: guna tanah (tumbuhan).

Bahagian 6.4.1 telah menghasilkan maklumat kawasan hutan, getah, sawit pada tahap kebarangkalian 0.6 - 1.0. Pemetaan bertema: guna tanah tumbuhan dilakukan dengan kaedah alas (overlay) kesemua imej pengkelasan semula bahagian 6.4.1. Satu parameter yang harus diperhatikan dalam prosedur ini adalah susunan fitur semasa "overlay" kerana proses "overlay" hanya dilakukan untuk 2 imej pada setiap kali ia dijalankan. "Overlay" yang kemudian boleh mempengaruhi keputusan "overlay" yang sebelumnya. Cadangan: susunan fitur patut bermula dengan yang kurang kepentingan diikuti dengan yang lebih penting atau lebih dominan berpandukan peta topo dan kajian lapangan.

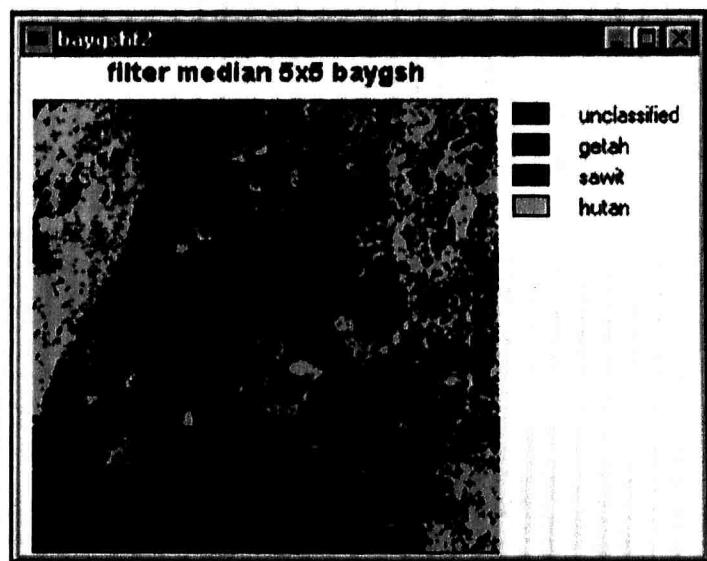
Langkah pertama adalah adunan "bays3" (sawit) dengan "bayg2r" (getah)

Langkah kedua adalah adunan antara "bayh2" (hutan) dengan "baygs" (getah dan sawit) menggunakan cara yang dan menghasilkan imej "baygsh". Hasil adunan terakhir menampakkan kesan "salt & pepper", proses penurasan terpaksa dilaksanakan dan hasilnya dicetak sebagai Rajah 6.44.

Rajah 6.43: Hasil pengelasan semula kebarangkalian "Bayesian".



Rajah 6.44: Peta fitur tumbuhan yang mempunyai ciri mirip.



6.4.3 Perbandingan visual antara kaedah konvensional dengan prosedur cadangan pengkaji

Rajah 6.45 memaparkan perbezaan hasil "Mindist" dengan prosedur pengelasan cadangan choong. Lokasi A1 dan A2 menunjukkan terdapat percampuran kelas kelapa sawit (merah) ke dalam kawasan hutan (kuning). Nampaknya, percampuran kelas di A1 adalah kurang berbanding dengan A2.

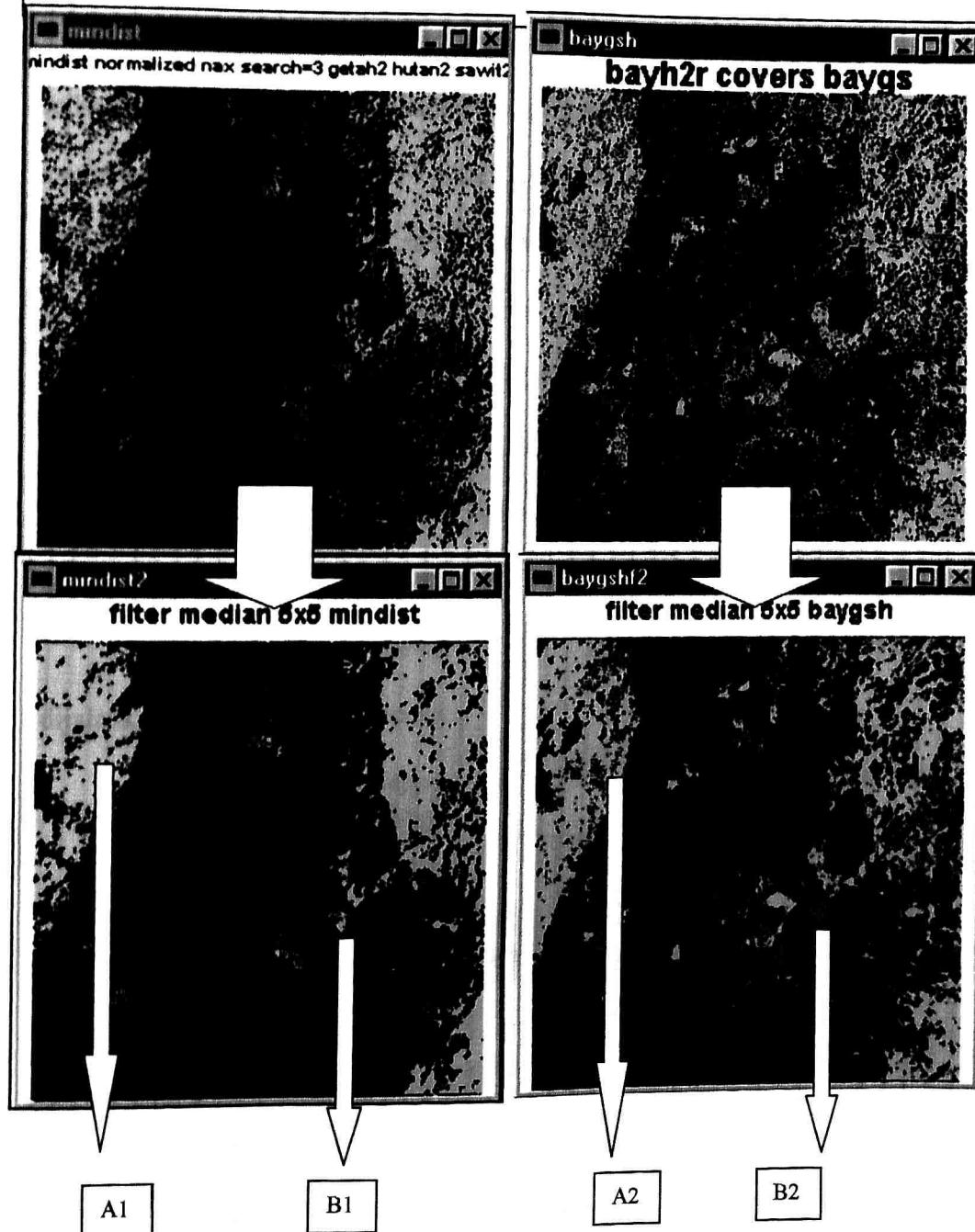
Rajah 6.45: Perbandingan visual antara hasil kaedah konvensional dengan hasil prosedur pengelasan choong.

Rajah kanan:

Hasil prosedur pengelasan choong secara visual adalah kurang halus kerana terdapat kesan "salt and pepper".

Untuk mengatasi masalah ini dan menghasilkan satu peta yang bermakna, proses penurasan "filter median" dilaksanakan dan hasilnya dipaparkan pada **Rajah kanan bawah**.

Ia digunakan untuk perbandingan visual dengan hasil pengelasan konvensional "Mindist" (**Rajah kiri bawah**) yang juga menjalani proses "filter" yang sama.



Lokasi B1 dan B2 adalah kawasan sawit (merah). Jelas bahawa terdapat sebahagian besar piksel sawit yang silap dikelaskan sebagai hutan pada lokasi B1. Namun, secara visual, masalah kesilapan kelas ini kurang diperhatikan pada B2. Biasanya hasil pengkelasian konvensional jarang dituras ("filter") sebelum dijadikan output terakhir. Dalam kes ini ia dilakukan supaya dapat dibandingkan secara adil dengan imej yang dihasilkan dari prosedur cadangan pengkaji.

Pemeriksaan keluasan setiap fitur juga dilakukan ke atas kedua-dua imej berkenaan. Hasilnya telah dilampirkan sebagai Rajah 6.46. Pengkelasian "mindist" menghasilkan 71.35 km^2 (79274 piksel $\times 0.03\text{km} \times 0.03\text{km}$) kelas yang tidak dikenali ("unclassified"), kelas yang sama pada prosedur cadangan pengkaji merekodkan keluasan 42.57 km^2 (47296 piksel). Fitur getah seluas 97.97 km^2 dicatetkan dalam "Mindist" dan 128.31 km^2 dalam prosedur pengkaji. Hanya 6.40 km^2 keluasan sawit dalam "mindist" tetapi 14.48 km^2 direkodkan untuk prosedur pengkaji. Kawasan kajian dilaporkan mempunyai 49.28 km^2 kawasan hutan menurut pengkelasian "mindist" manakala 39.63 km^2 dalam prosedur pengkaji.

Untuk mengetahui ketepatan hasil pengkelasian, kajian kuantitatif akan dijalankan pada bahagian seterusnya.

Rajah 6.46: Perbandingan keluasan fitur antara "mindist" dengan prosedur cadangan pengkaji.

Keluasan fitur terpilih dalam prosedur pengkelasian Choong		
Category	Cells	Legend
0	47296	unclassified
1	142577	getah
2	16085	sawit
3	44042	hutan

Keluasan fitur terpilih dalam pengkelasian Mindist		
Category	Cells	Legend
0	79274	
1	108856	getah2
2	54759	hutan2
3	7111	sawit2

6.4.4 Perbandingan ketepatan antara kaedah konvensional dengan prosedur cadangan pengkaji.

20 sampel telah dikenal pasti untuk setiap fitur terpilih. Iaitu hutan, getah dan sawit. Satu kategori tambahan telah diambil kira semasa pemeriksaan ketepatan pengkelasan iaitu kelas "Lain". Kelas tambahan ini merangkumi sampel fitur lain seperti urban, tanah dedah, badan air dan awan. Hasil pemeriksaan ketepatan pengkelasan telah diringkaskan ke dalam Rajah 6.47 dan Rajah 6.48.

Secara keseluruhannya, "Mindist" mencatatkan tahap kesilapan 28.8% yang lebih kurang sama dengan pemeriksaan ketepatannya pada Bab 4. Sungguh menghairankan, prosedur pengkelasan cadangan pengkaji mencatatkan tahap kesilapan yang rendah (15% dalam Rajah 6.48) walaupun terdapatnya masalah pertindihan spektral antara fitur sawit dan hutan semasa penyediaan "training area".

Rajah 6.47: Matriks pemeriksaan ketepatan "Mindist" untuk imej "Utara".

Mindist	Hutan	Getah	Sawit	Lain	Jumlah	Error1	Error1 %
Hutan	13	6	0	1	20	7	35
Getah	2	18	0	0	20	2	10
Sawit	8	3	6	3	20	14	70
Lain	0	0	0	20	20	0	0
Jumlah	23	27	6	24	80		
Error2	10	9	0	4		23	
Error2 %	43.5	33.3	0	16.7			28.8

Rujuk Rajah 6.47. "Error1 %" hutan adalah 35%, bermakna terdapat 35% piksel hutan yang dikelaskan secara silap ke dalam kelas lain. "Error1 %" getah dan kelas "lain" adalah rendah tetapi fitur sawit mencatatkan tahap "error1 %" setinggi 70%. Ini bermakna 14 dari jumlah sampel sawit (20) telah dikelaskan kepada kelas yang silap. Kesilapan pengkelasan "mindist" yang tinggi dalam fitur sawit boleh dikaitkan dengan ciri spektralnya yang mirip dengan fitur tumbuhan lain.

Pada Rajah 6.47, diperhatikan "Error2 %" hutan mencatetkan kesilapan sebanyak 43.5%, ia bermakna 10 dari 23 piksel yang dikelaskan sebagai hutan adalah silap. 33.3% piksel yang dikelaskan sebagai getah dan 16.7% piksel yang dikelaskan sebagai "lain" adalah silap. "Error2 %" sawit adalah 0% bermakna tiada kesilapan piksel fitur lain yang dikelaskan sebagai sawit.

Rajah 6.48: Matriks pemeriksaan ketepatan prosedur pengkelasan cadangan pengkaji untuk imej "Utara".

Choong	Hutan	Getah	Sawit	Lain	Jumlah	Error1	Error1 %
Hutan	13	3	2	2	20	7	35
Getah	1	18	1	0	20	2	10
Sawit	1	2	17	0	20	3	15
Lain	0	0	0	20	20	0	0
Jumlah	15	23	20	22	80		
Error2	2	5	3	2		12	
Error2 %	13.3	21.7	15	9.1			15

Bagi pemeriksaan ketepatan prosedur pengkelasan cadangan, rujuk Rajah 6.48. "Error1 %" hutan dan getah tidak banyak berbeza dengan tahap kesilapan "mindist". Tetapi fitur sawit mencatetkan tahap kesilapan "Error1 %" yang rendah iaitu 15% berbanding dengan 70% yang dialami oleh "mindist". Hanya 3 daripada 20 sampel yang dikelaskan ke dalam kelas yang silap.

Secara umumnya, "error2 %" bagi hutan, getah dan "lain" adalah rendah secara relatif contohnya "error2 %" hutan hanya 13.3% berbanding dengan tahap kesilapan "mindist" sebanyak 43.5%. Namun, "error2 %" sawit adalah tinggi 15% berbanding dengan 0% bagi kes "mindist". Ini boleh diertikan sebagai 3 dari 20 piksel yang dikelaskan sebagai sawit dalam prosedur pengkelasan cadangan pengkaji adalah silap.

Perbandingan secara keseluruhan menyimpulkan bahawa "mindist" mengalami tahap kesilapan yang tinggi secara relatif.

**6.5.0 Pengelasan menurut Tahap umur sesuatu tanaman terpilih:
Satu percubaan dengan kaedah "Tasseled cap analysis".**

Prosedur pengelasan cadangan Choong selanjutnya berkembang ke tahap yang lebih halus di mana pengelasan kelas-kelas umur sesuatu fitur dijalankan. Pengelasan pada tahap ini adalah penting kerana informasi produktiviti serta nilai pulangan sesejenis tanaman adalah berhubungan rapat dengan tahap umur pokok. Dengan erti kata lain, pengurusan, perancangan, ramalan produktiviti dan pulangan sasuatu tanaman secara makro dapat dijalankan dengan lebih kuantitatif dan menyakinkan.

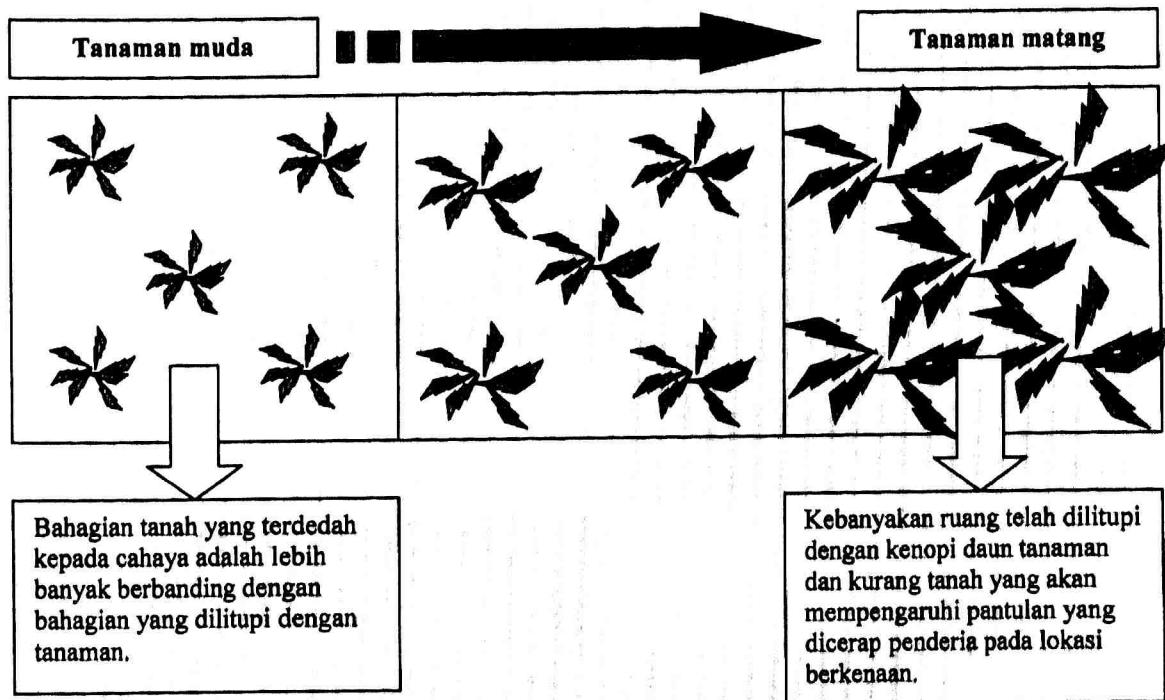
Informasi ini membantu pembuat keputusan dalam menyediakan perancangan awal tentang pengurusan sumber, dana, tenaga kerja, penerokaan pasaran dan sebagainya. Dengan adanya perancangan awal, pembaziran dapat diminimumkan serta pulangan yang lebih lumayan dijangkakan.

"Tasseled cap analysis" adalah transformasi terhadap paksi data demi menonjolkan elemen tertentu, dalam kes ini "tasseled cap" menghasilkan beberapa imej yang menonjolkan elemen seperti "moisture index", "soil brightness index" dan "greeness index" berdasarkan orientasi paksi data yang baru.

"Moisture index" menggambarkan kelembapan sesuatu kawasan; ""soil brightness index" merupakan nilai keterangan pantulan dari tanah kawasan berkenaan manakala "greeness index" cuba memberikan satu gambaran densiti tumbuhan atau biomass. Kesemua elemen yang ditonjolkan oleh "tasseled cap analysis" amat membantu dalam tujuan mengkaji tahap kematangan sesuatu tanaman. Biasanya tanaman tidak kira kelapa sawit mahupun getah, pada umur pokok yang muda, biomassnya adalah kurang padat dan didapati lebih bahagian tanah yang terdedah kepada cahaya dan sebaliknya (Rajah 6.49). Pada masa yang sama, Pokok muda dengan lebih tanah terdedah ini juga menyebabkan persekitaran mikro pada ladang tersebut kurang kelembapan.

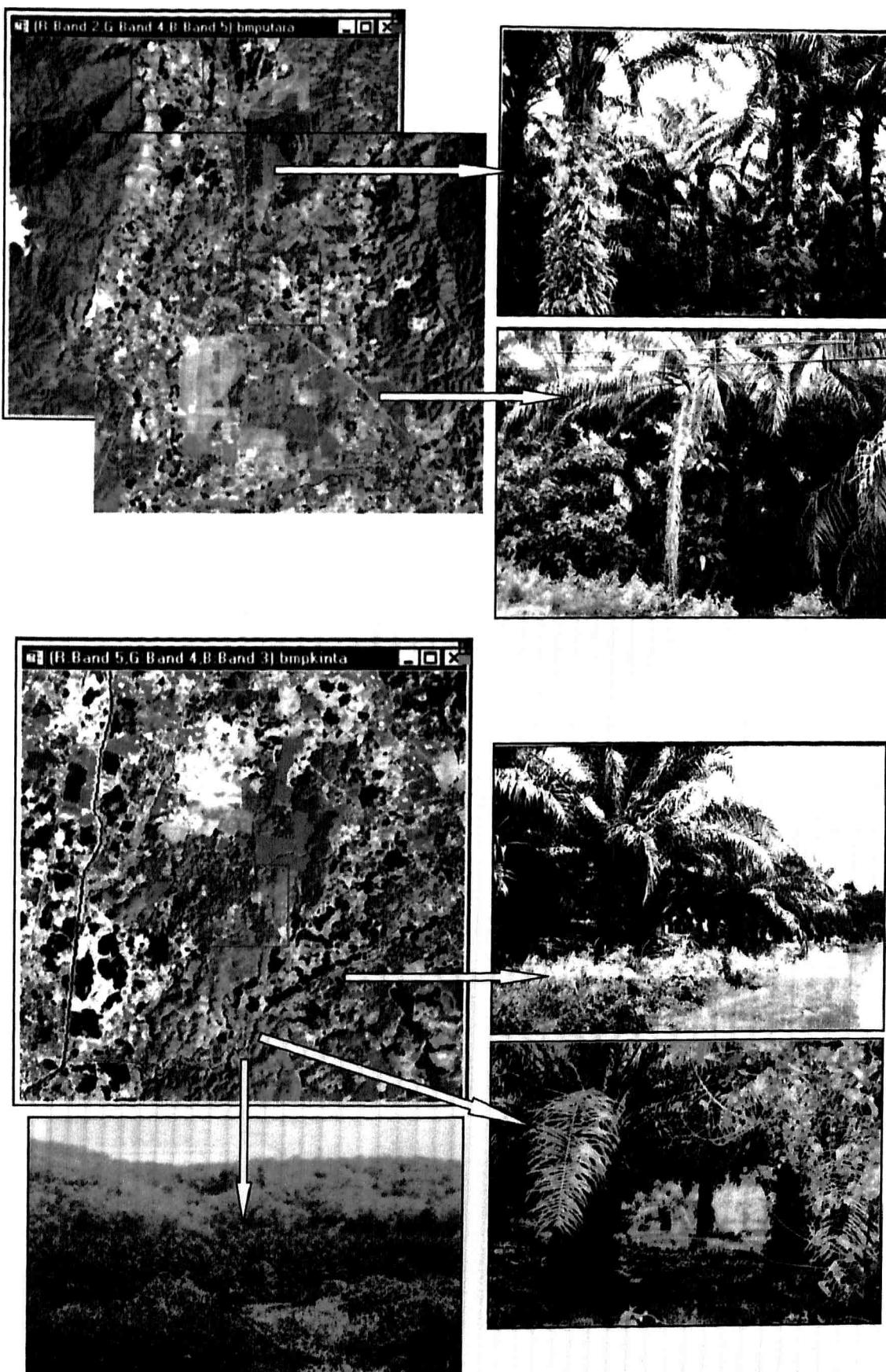
Analisis ini telah dilaksanakan dengan arahan Idrisi "Image processing - transformations - tesscap". Untuk memberikan satu gambaran jelas tentang perhubungan umur tanaman dengan hasil "tasseled cap analysis", sampel-sampel lokasi kelapa sawit pelbagai peringkat umur telah dipilih seperti yang dipaparkan dalam Rajah 6.50.

Rajah 6.49: Ilustrasi pandangan udara ke atas tanaman dari tahap muda ke matang.



Bagi setiap kategori kelapa sawit ini, 20 sampel dipungut dan nilainya dalam hasil "tasseled cap analysis" dicatatkan dalam jadual seperti yang direkodkan dalam Rajah 6.51. Statistik seperti nilai minimum, nilai maksimum, nilai min serta sisihan piawai yang meringkaskan ciri indeks (hasil "tasseled cap") bagi tiap kategori juga cuba dijanakan.

Rajah 6.50: Gambar lapangan bagi tumbuhan terpilih kajian.



Rajah 6.51: 20 sampel serta statistiks keseluruhan tentang kelas umur kelapa sawit.

Ksawit1



ksawit	tcbright	tcgreen	tcmoist
1	136.248	17.46	3.505
2	135.184	16.877	7.067
3	135.529	18.67	4.094
4	136.486	19.326	5.486
5	138.944	20.198	4.93
6	132.688	15.675	2.995
7	139.552	29.515	10.4
8	133.879	24.22	8.215
9	132.696	20.523	8.504
10	136.415	25.73	6.751
11	136.173	25.194	4.851
12	139.033	26.132	8.34
13	140.383	23.426	6.986
14	136.444	19.103	5.764
15	140.26	29.208	5.217
16	139.365	25.864	6.48
17	131.818	25.995	6.103
18	143.773	25.992	5.41
19	138.551	26.969	6.499
20	130.998	15.691	5.477

Tidak produktif (tua)
Pokok tinggi dan
daun agak jarang.
Dicampuri belukar
dan rumput.

Ksawit2



ksawit	tcbright	tcgreen	tcmoist
1	139.38	23.117	2.156
2	131.9	21.777	8.411
3	130.38	16.917	10.926
4	140.5	23.5	5.5
5	133.5	18.5	6.5
6	134.36	24.359	7.599
7	133.86	20.186	5.663
8	131.48	21.254	7.651
9	132.05	25.451	11.139
10	130.93	22.935	9.286
11	132.99	24.542	8.18
12	133.61	18.315	6.458
13	132.9	20.408	6.557
14	133.93	16.046	5.49
15	129.66	18.322	9.034
16	136.59	23.337	6.458
17	128.92	16.322	8.319
18	136.05	24.873	9.704
19	134.29	26.179	8.618
20	133.73	20.979	5.579

Tua, tidak terurus, tinggi
><22'.

Kenopi daun yang amat
rapat, subur.
Ditumbuhhi belukar dan
rumput.

Ksawit3



ksawit	tcbright	tcgreen	tcmoist
1	149.248	22.403	-2.56
2	149.831	22.403	-2.56
3	146.496	20.718	0.019
4	147.665	18.554	1.906
5	144.554	13.406	0.415
6	142.639	12.007	0.931
7	145.913	20.038	-1.512
8	145.473	18.912	0.483
9	147.448	23.052	2.754
10	143.431	20.265	2.629
11	145.932	17.955	0.793
12	145.18	21.612	1.428
13	141.333	17.114	3.011
14	148.312	20.924	-3.262
15	148.312	20.924	-3.262
16	148.485	20.128	-1.687
17	143.862	13.842	0.344
18	149.501	22.393	-0.052
19	154.39	20.892	-9.995
20	147.561	22.879	2.543

Pokok matang, terurus,
>< 18'.
Kenopi daun yang padat,
Ditumbuhhi sedikit
rumput pendek..

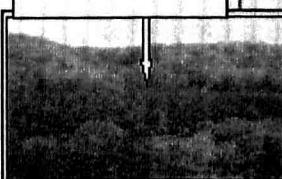
Ksawit4



ksawit	tcbright	tcgreen	tcmoist
1	140.91	15.855	-1.888
2	150.49	18.47	-10.154
3	161.06	25.5	-4.269
4	152.38	21.756	-8.59
5	155.18	23.743	-11.099
6	152.72	21.857	-8.445
7	150.33	21.116	-7.889
8	151.12	20.339	-9.915
9	148.51	24.105	-3.778
10	145.58	22.138	-2.43
11	149.89	23.047	-6.036
12	149.49	19.915	-6.163
13	151.16	21.432	-6.222
14	154.93	25.372	-8.66
15	145.95	22.3	-2.65
16	145.87	21.416	-1.661
17	157.73	29.83	-7.925
18	154.93	25.371	-8.86
19	150.96	24.597	-5.268
20	146.88	17.023	-7.077

Pokok muda, >< 15'.
Kenopi daun yang
rapat.
Ditumbuhhi sedikit
rumput pendek.

Ksawit5

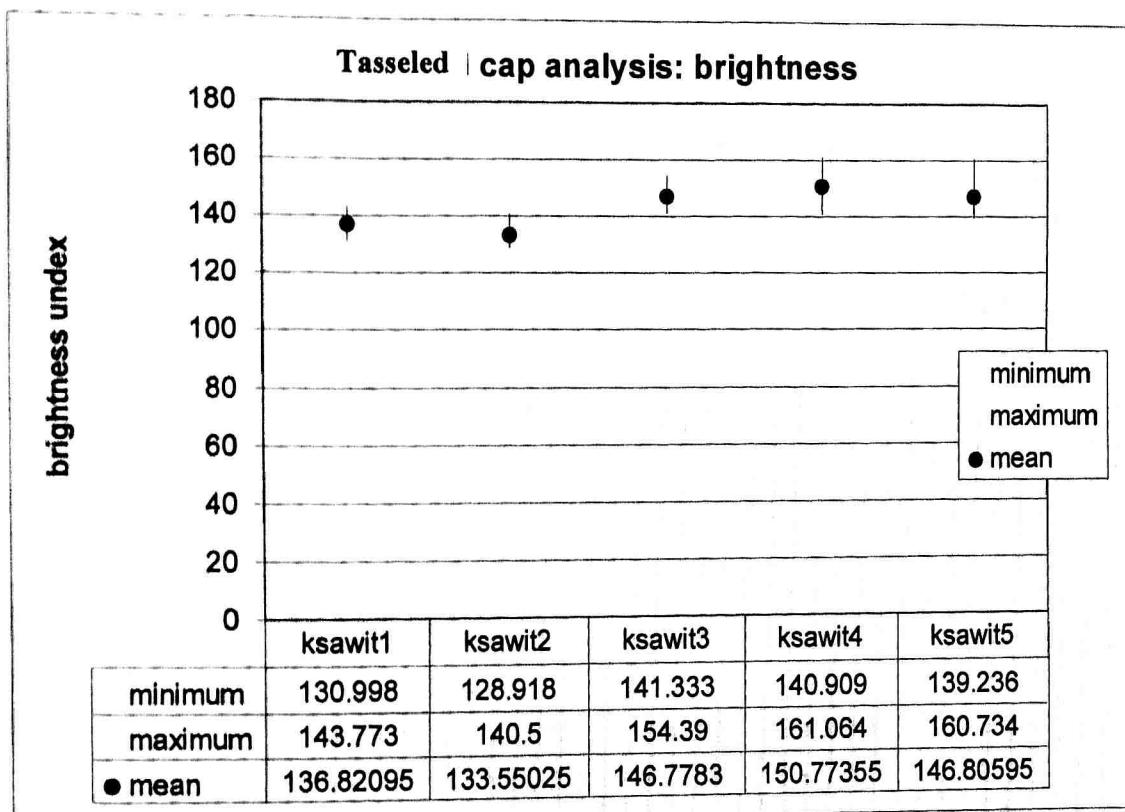


ksawit	tcbright	tcgreen	tcmoist
1	148.118	15.025	-3.98
2	149.014	17.607	-0.31
3	149.013	17.607	-0.31
4	160.734	11.458	-19.984
5	154.343	16.424	-9.62
6	148.118	15.025	-3.98
7	154.96	23.051	-9.543
8	154.495	7.952	-14.938
9	154.995	23.05	-9.543
10	139.652	18.092	0.469
11	140.94	17.025	-0.676
12	143.175	22.654	2.668
13	140.94	17.025	-0.676
14	148.002	23.836	0.377
15	142.587	20.115	-0.649
16	139.696	17.289	1.687
17	140.97	20.897	4.271
18	145.273	21.117	-0.326
19	139.236	17.455	-0.234
20	141.658	18.602	2.555

Pokok matang.
Kenopi daun yang
rapat, subur.

ksawit	tcbright	tcgreen	tcmoist
1	139.236	7.952	-19.384
2	160.734	23.836	4.271
3	146.806	18.065	-3.1071
4	140.491	3.0507	6.2982

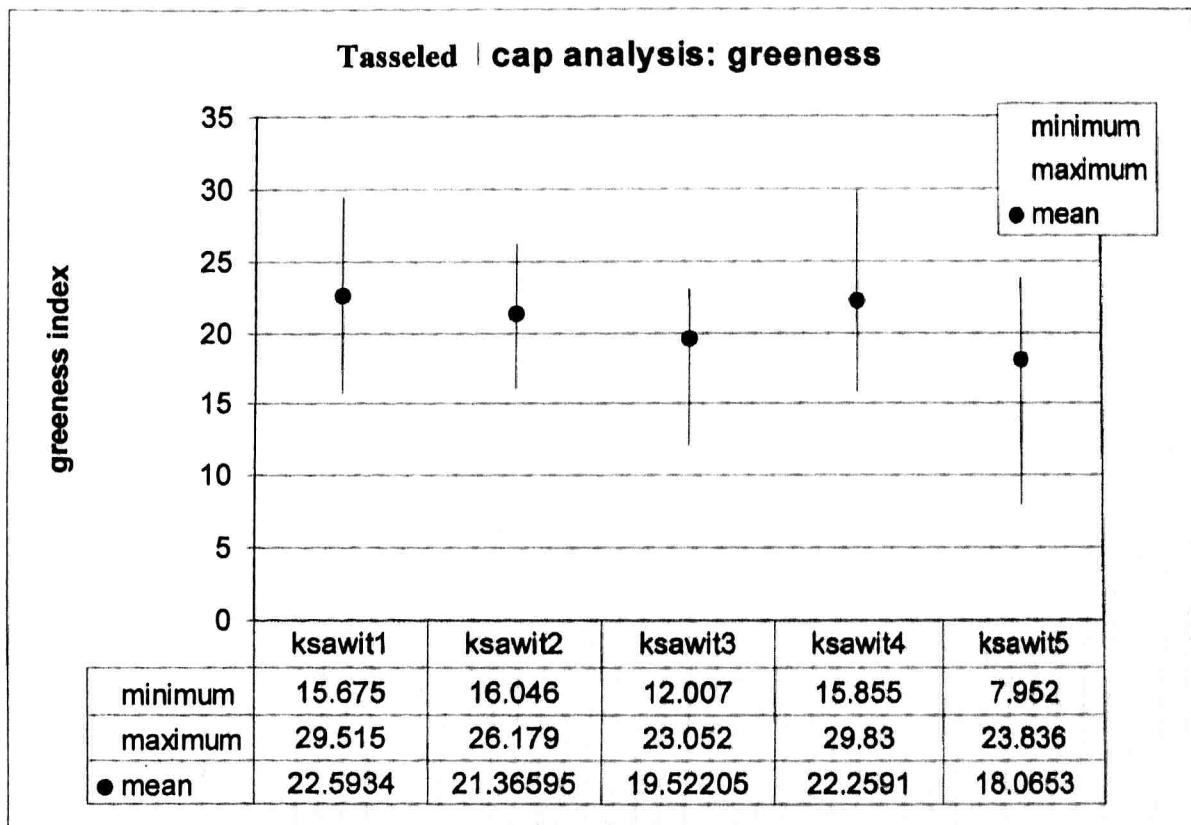
Rajah 6.52: Graf statistik tentang "brightness index" dalam "tasseled cap analysis".



Keamatan cahaya ("brightness") sesuatu piksel bergantung kepada faktor jenis dan kecerahan tanah. Sekiranya sesuatu kawasan dilitupi dengan tanah yang cerah, ia mengembalikan satu keamatan cahaya yang tinggi kerana kebanyakan cahaya yang sampai ke bumi telah dipantulkan. Rujuk Rajah 6.52, lokasi ksawit2 merekodkan "brightness index" yang rendah kerana ia dilitupi dengan tanah gelap (hasil kajian lapangan), kesuburan tanah gelap ini membolehkan belukar dan rumput tumbuh dengan baik. Indeks yang dicatet oleh lokasi ksawit1 juga rendah. Manakala ladang kelapa sawit terurus seperti yang didapati pada lokasi ksawit3, 4 dan 5 pula digambarkan dengan indeks yang lebih tinggi. Ini boleh dijelaskan dengan keadaan ladang yang lebih muda, biasanya tanah yang lebih baru dibuka dicirikan dengan warna tanah yang lebih cerah. Ksawit4 merekodkan indeks yang lebih tinggi sedikit dari yang lain juga.

mungkin disebabkan umurnya yang lebih muda, kajian lapangan mendapati pokok kelapa sawit di lokasi berkenaan lebih rendah berbanding dengan ksawit3 dan 5.

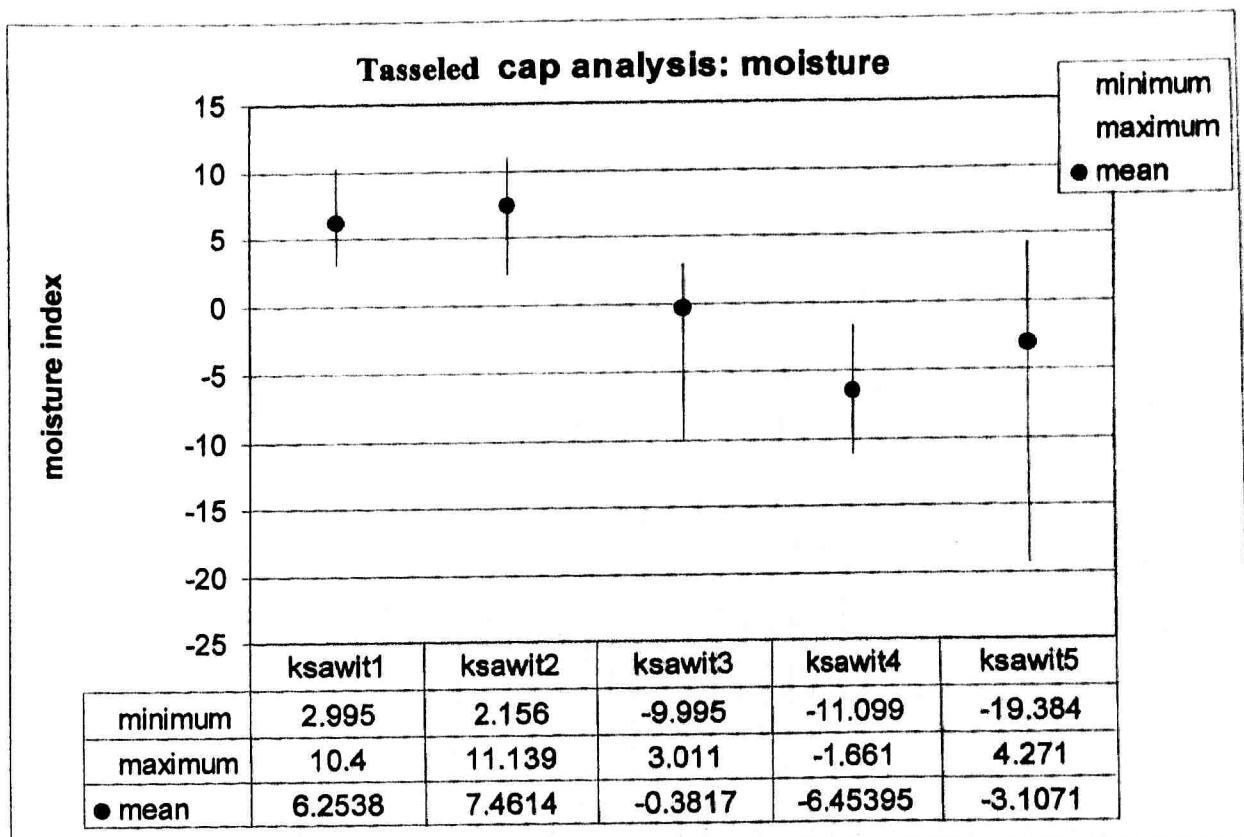
Rajah 6.53: Graf statistiks tentang "greeness index" dalam "tasseled cap analysis".



"Greeness index" sesuatu piksel bergantung kepada faktor biomass tumbuhan hijau. Semakin padat tumbuhan hijau di kawasan tersebut, semakin tinggi indeks kehijauannya. Lokasi ksawit2 merekodkan "greeness index" yang tinggi kerana ia dilitupi dengan pokok kelapa sawit yang amat padat serta ditumbuh dengan belukar dan rumput yang subur. Indeks yang dicatat oleh lokasi ksawit1 juga tinggi walaupun daun pokok kelapa sawit adalah jarang, ia disebabkan keadaan latar belakang yang padat dengan belukar dan rumput. Didapati ladang kelapa sawit terurus seperti yang didapati pada lokasi ksawit3, 4 dan 5 digambarkan dengan indeks yang lebih rendah. Ini selaras dengan kapadatan pokok yang masih rendah serta litupan bumi yang sentiasa diterangkan, keadaan ini mengizinkan lebih banyak tanah terdedah dan menyebabkan pantulan cahaya yang lebih apabila penderia pandang dari atas ke bawah. Kepadatan

kenopi ksawit4 mungkin lebih padat jika dibandingkan dengan ksawit3 dan 5. Ini juga sebabnya kenapa ksawit4 merekodkan indeks yang lebih tinggi sedikit dari yang lain.

Rajah 6.54: Graf statistik tentang "moisture index" dalam "tasseled cap analysis".

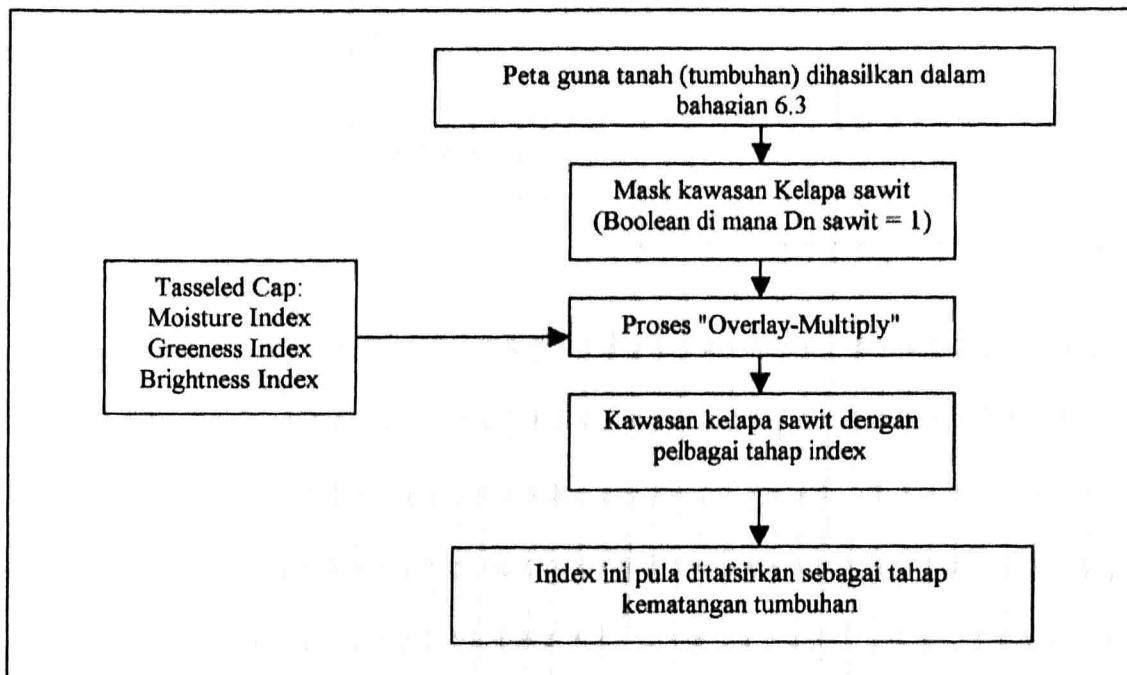


"Moisture index" menggambarkan kelembapan pada sesuatu piksel. Merujuk pada purata indeks yang dihasilkan, didapati ksawit1 dan 2 merekodkan indeks yang lebih tinggi berbanding dengan ksawit3, 4 dan 5. Ini mungkin disebabkan persekitaran ksawit1 dan 2 yang banyak ditumbuh dengan belukar dan rumput yang seterusnya menjadi satu badan penyimpanan kelembapan yang baik. Ksawit3, 4 dan 5 pula merupakan tanah ladang yang muda dan masih terurus, keadaan kurang litupan bumi menjadikan persekitarannya kurang lembap. Keadaan ini mengakibatkan indeks negatif dicatetkan.

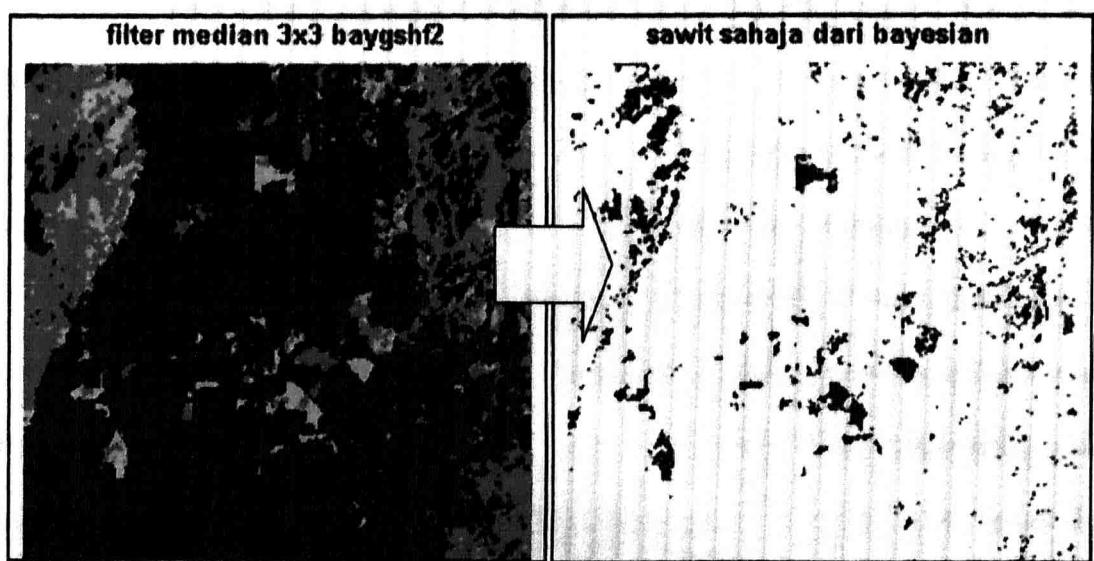
Tahap pertama prosedur pengelasan cadangan Choong telah menghasilkan kelas tumbuhan dan bukan tumbuhan; tahap pengelasan kedua telah membezakan fitur terpilih malah fitur tumbuhan yang mempunyai ciri fizikal serta ciri spektral yang agak

tahap pengelasan dapat diperincikan lagi kepada tahap kelas umur sesuatu fitur terpilih. Contohnya fitur kelapa sawit, merujukkan bahagian kajian "tasseled cap analysis", "moisture index" negatif mencerminkan pokok tua manakala nilai indeks positif menggambarkan pokok muda kelapa sawit.

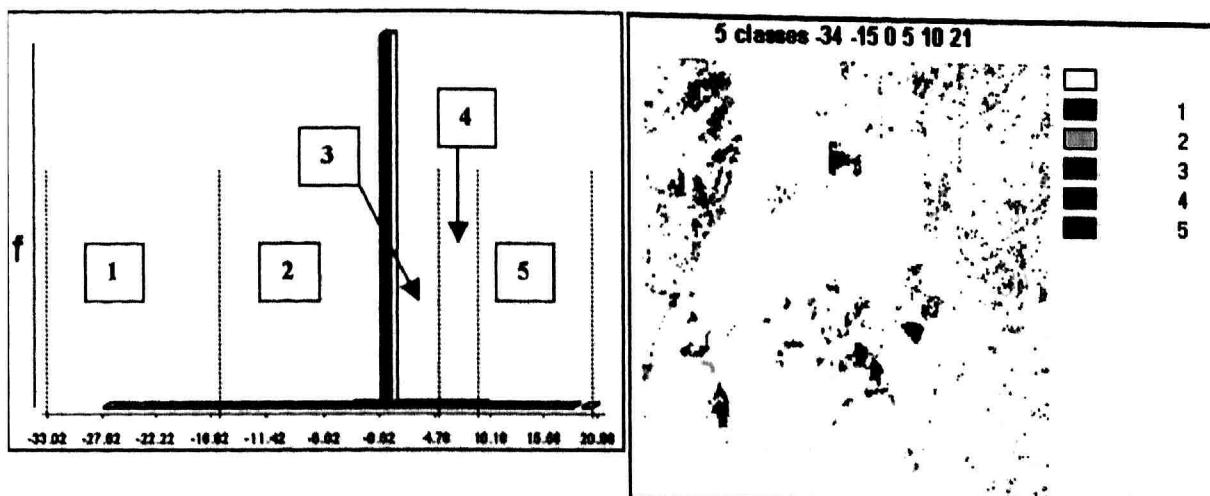
Rajah 6.55: Kajian tahap kematangan sawit dengan Analisis Tasseled Cap.



Rajah 6.56: Kawasan kelapa sawit imej "utara" dihasilkan dalam kaedah Bayesian".



Rajah 6.57: Pecahan kelas umur kelapa sawit hasil kajian ciri "tasseled cap - moisture index".



6.6.0 Kesimpulan.

Analisis bab 4 dan 5 telah menyimpulkan bahawa semua kaedah pengkelasan ini secara individu masih tidak dapat memenuhi apa yang diimpikan dalam objektif kajian. Pemodelan GIS dilaksanakan untuk mengetahui kekuatan gabungan GIS dengan Remote sensing tetapi mendapati masih wujud masalah-masalah yang tidak dapat dielakkan walaupun ia berjaya memperbaiki tahap ketepatan pengkelasan dengan meminimumkan kesan topografi.

Ratio adalah salah satu jenis manipulasi imej dan merupakan satu kaedah pemprosesan data raster dalam GIS. Ia telah diterapkan ke dalam bidang Remote sensing sebagai satu kaedah "pengkayaan imej" ("image enhancement") tetapi tidak pernah terfikir dijadikan satu asas dan panduan untuk tujuan pengkelasan.

Dari sinilah, berkembangnya kajian "ratio antara spektral" dan mendapati ia boleh dipraktikkan untuk mencerap informasi guna tanah pada tahap yang umum (tahap pengkelasan pertama: kelas tumbuhan dan kelas bukan tumbuhan) kepada tahap yang lebih halus (kelas fitur yang mempunyai ciri fizikal yang mirip seperti hutan, getah dan sawit).

Setakat ini, kajian ini telah berjaya mencapai objektif untuk menghasilkan satu alternatif prosedur pengelasan di mana ciri paling utama prosedur pengelasan ini adalah "objektif, sistematik dan komprehensif". Ia bersifat objektif kerana "training area" berdasarkan indeks NDI dan bukan mengikut perasaan individu yang menjalankan pengelasan.

Adakah prosedur pengelasan sebegini praktikal? Dalam meneliti masalah ketiadaan piawaian pengelasan, didapati adalah ***mustahil untuk menyeragamkan kaedah pengelasan tidak kira secara "horizontal" mahupun "vertical"***.

Ia sama seperti kes di mana setiap kawasan atau negara berdasarkan minat dan kepentingan tertentu, telah memutuskan jenis unjuran pemetaan yang digunakan. Adalah tidak logik untuk menyarankan bahawa semua negara ini harus menerima satu-satu unjuran pemetaan sebagai piawaian.

"*Horizontal*" bermakna antara kawasan geografi yang berbeza, contohnya setiap negara kini menggunakan kaedah pengelasan yang berbeza untuk pencerapan informasi guna tanah, adalah tidak masuk akal (ia makan masa panjang, kos yang terlampau tinggi) untuk meminta semua negara ini untuk berubah dan menggunakan hanya sejenis kaedah pengelasan.

Secara "*vertical*" memberikan perspektif setempat di mana dalam sesuatu negara terdapat banyak agensi, setiap agensi ini juga mempraktikkan kaedah pengelasan yang berbeza. Walaupun berada di dalam satu negara yang sama, adalah mustahil juga usaha untuk menyeragamkan semua agensi ini untuk menggunakan hanya satu kaedah pengelasan kerana setiap agensi mempunyai kepentingan untuk dipertahankan.

Prosedur pengelasan cadangan Choong menyediakan satu platform alternatif, pengguna masih boleh menggunakan teknik pengelasan konvensional yang sering digunakan (walaupun dalam eksperimen ini, kaedah "*bayesian*" digunakan). Cuma penekanan diusahakan ke atas prosedur pengelasan atau piawaian ke atas penyediaan

"training area" demi menjaga kualiti ketepatan informasi dan pada masa yang sama keobjektifannya.

Sekiranya kajian yang lengkap dilaksanakan ke atas kesemua fitur guna tanah tempatan yang diminati (dalam kajian ini, hanya fitur terpilih dikaji), satu dokumen menyerupai kamus boleh disediakan sebagai panduan pengelasan kepada pengguna dari pelbagai latar belakang. Kajian ini juga menyimpulkan bahawa hasil prosedur pengelasan Choong mencapai tahap ketepatan yang memuaskan.