

BAB 4

Sistem pengelasan diselia dan tidak diselia

4.0 Sistem pencerapan informasi guna tanah: pengelasan konvensional.

Salah satu objektif kajian adalah untuk menilai ketepatan informasi (salah satu elemen kualiti informasi) yang dicungkil dari data RS melalui pelbagai kaedah pengelasan.

Secara umumnya terdapat dua kumpulan teknik pengelasan iaitu **pengelasan diselia atau tidak diselia**. Pelbagai isu bermula dengan konsep-konsep asas pengelasan, prosedur pengelasan, isu teknikal untuk pelbagai kaedah pengelasan akan turut dibincangkan satu per satu pada bahagian yang seterusnya.

4.1 Pengelasan tidak diselia.

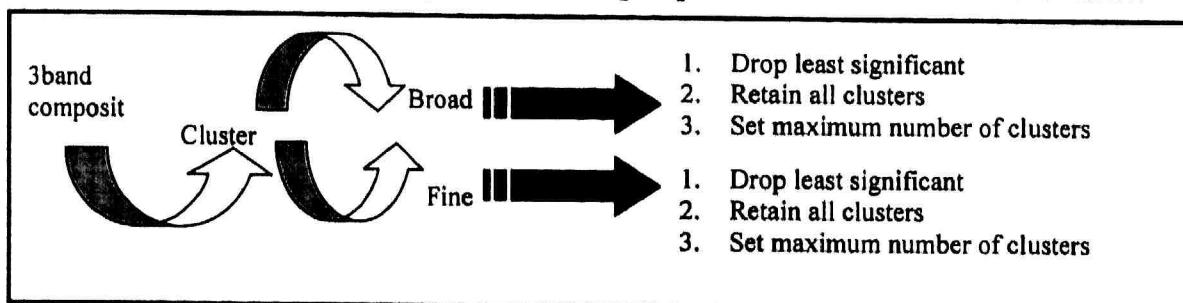
4.1.1 Konsep Pengelasan tidak diselia ("unsupervised classification").

Data mentah yang baru sampai ke tangan pengguna biasanya berstruktur 8bit (setiap piksel mempunyai satu nilai antara 0 - 255). Lazimnya, satu proses pengelasan awal akan dilakukan untuk mengenali kelas-kelas spektral utama dalam imej tersebut. Kaedah "pengelasan tidak diselia" menjadi pilihan utama sebab ia tidak memerlukan pengetahuan awal ("a-priori knowledge") tentang kawasan kajian. Pengelasan tidak diselia semata mata satu proses pengumpulan piksel-piksel (dikumpul jadi satu kelas) berdasarkan ciri spektral setiap piksel tersebut. Output teknik ini merupakan kelas-kelas spektral (tiada informasi tentang fitur muka bumi yang diwakili) dan ia akan dilabelkan kemudian oleh pengguna untuk menghasilkan kelas-kelas informasi (kelas hutan, getah dan sebagainya).

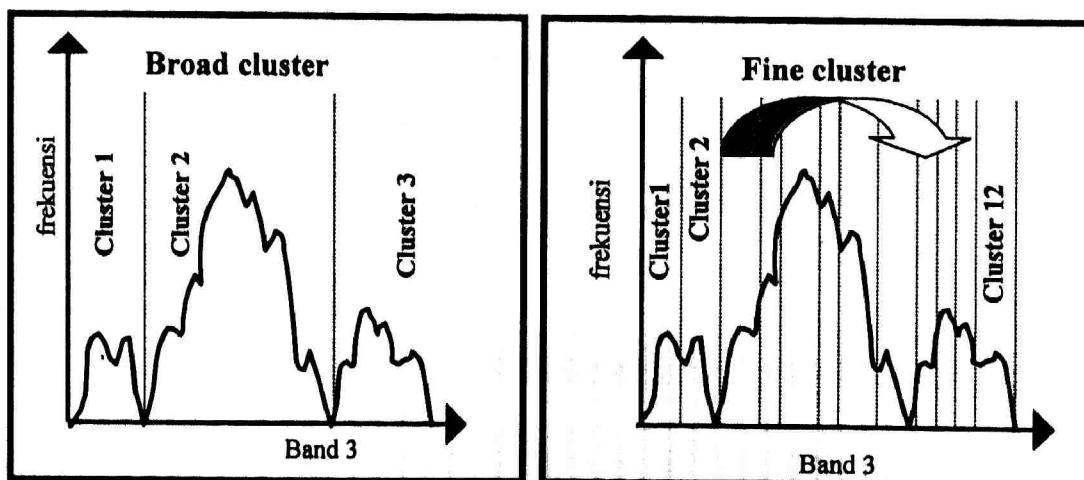
Terdapat beberapa algoritma pengelasan tidak diselia yang diamalkan oleh perisian yang berbeza. Perisian Idrisi menggunakan kaedah "cluster" yang menghasilkan kelas-kelas spektral berdasarkan keadaan puncak histogram taburan data pelbagai band. Proses Cluster memerlukan komposit yang mengadunkan 3 band terpilih sebagai input pemprosesan (Rajah 4.4).

Dua kriteria yang akan diputuskan oleh pengguna iaitu proses "cluster" dilakukan berasaskan kriteria "*broad*" ataupun "*fine*" (Rajah 4.1). Pemprosesan "Cluster" mengambil-kira puncak histogram taburan data pelbagai band yang membangunkan imej "composit". Kriteria "*broad*" berfungsi untuk memilih puncak-puncak histogram yang paling utama atau dominan saja; manakala kriteria "*fine*" akan mengambil-kira puncak-puncak sekunder sebagai satu kelas spektral individu.

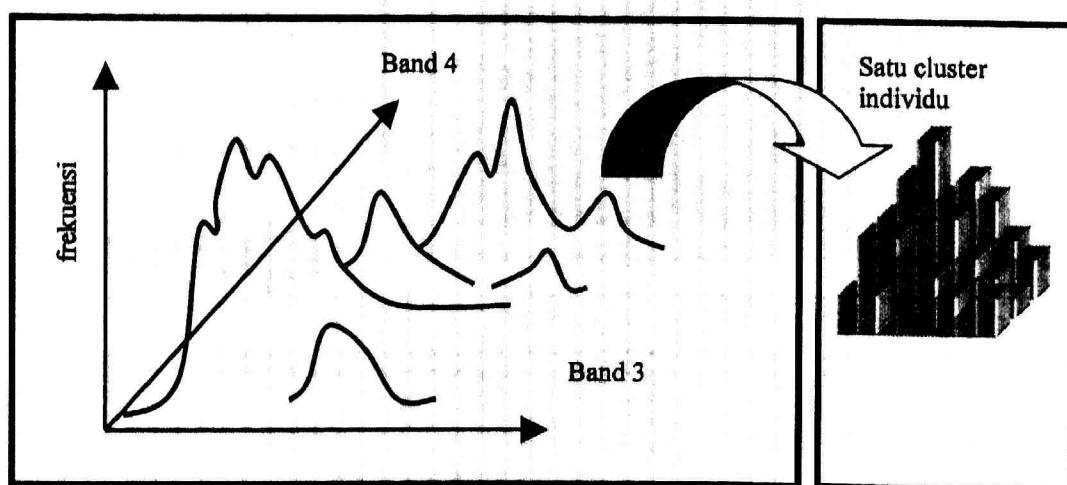
Rajah 4.1: Tahap-tahap pilihan dalam pemprosesan "cluster" Perisian Idrisi.



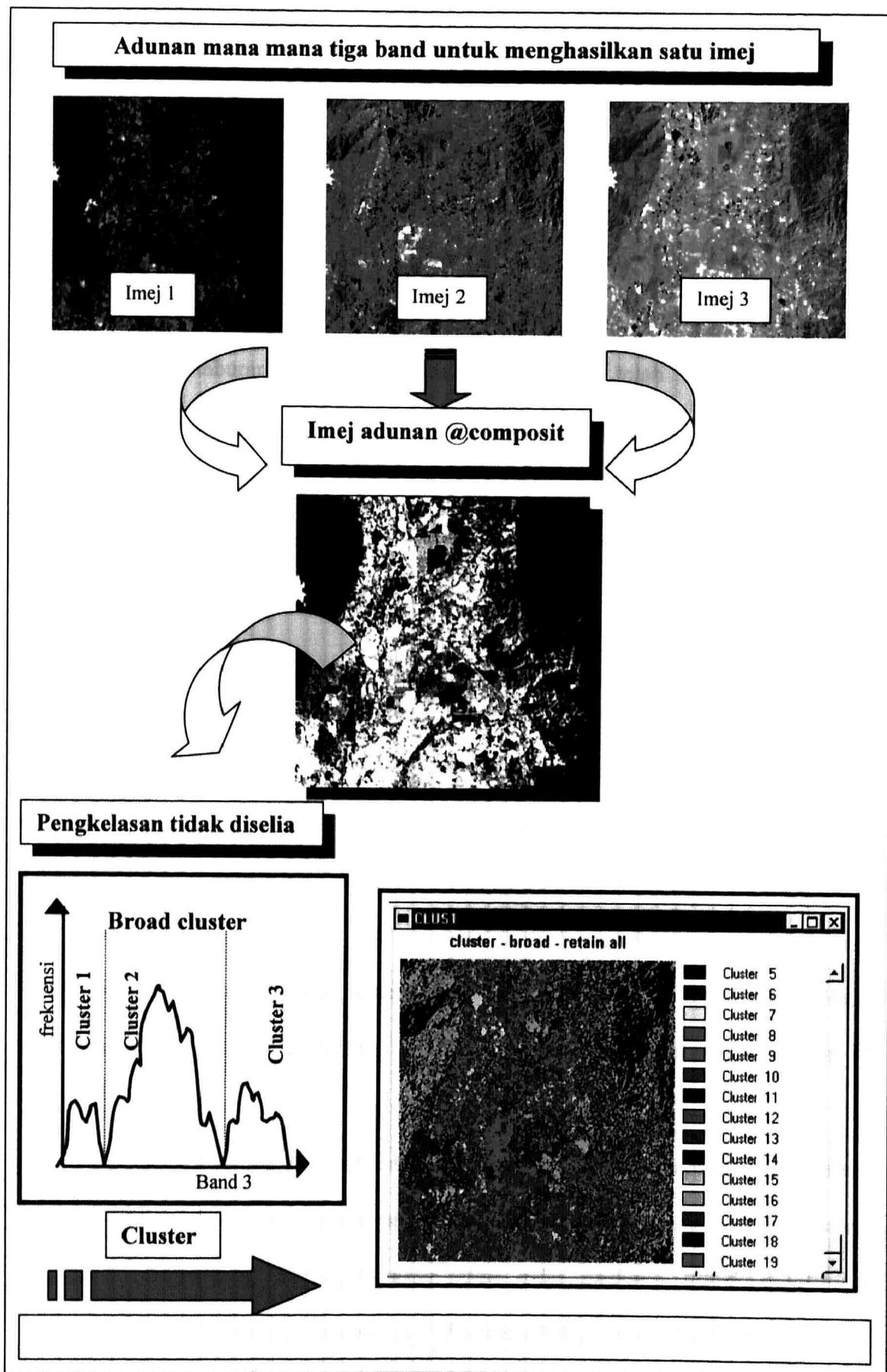
Rajah 4.2: Perbezaan kaedah "*broad clustering*" dan "*fine clustering*".



Rajah 4.3: Analisis topografi taburan data dalam pemprosesan "Cluster".



Rajah 4.4: Carta aliran proses "clustering" dalam Idrisi.



Rajah 4.2 di atas menerangkan perbezaan antara kriteria "broad" dan "fine" dalam proses "Cluster". Ia menggambarkan tahap kehalusan pengumpulan piksel (pemecahan histogram) sesuatu imej menurut dua kriteria "cluster" iaitu "broad" (rajah kiri) dan "fine" (rajah kanan).

Rajah 4.3 pula merupakan gambaran taburan data antara dua band (3 dimensi: paksi band 3, band 4 dan frekuensi). Permukaan rajah tersebut menyerupai keadaan topografi muka bumi di mana wujudnya bukit dan lurah, cuma dalam kes ini ia menggambarkan taburan spektral. Keadaan puncak ini telah diperincikan dalam tetingkap kanan rajah sama, satu "bukit" sebegini akan dikenali sebagai satu kelas spektral oleh proses "cluster".

Dalam keadaan sebenarnya, proses "cluster" akan mengambil kira ketiga-tiga band yang digunakan untuk pengadunan imej "composit".

4.1.2 Kaedah "retain all clusters", "drop least" dan "set maximum".

Selain dari pemutusan tahap kehalusan "cluster" (pilih "broad" atau "fine"), terdapat 3 lagi option dalam proses "cluster" (Rajah 4.1). Imej "Utara" digunakan dalam percubaan pengelasan "cluster".

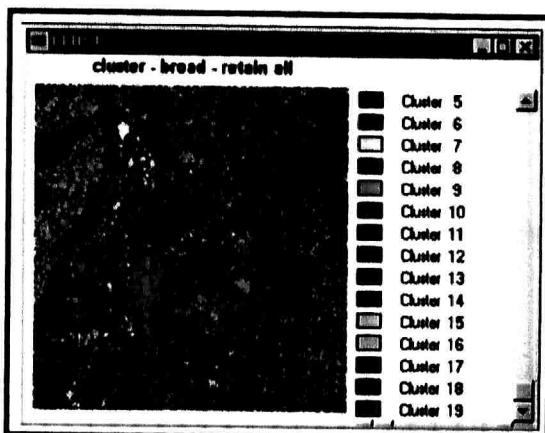
Option "*retain all clusters*" mengarahkan pemprosesan "cluster" supaya mengambil-kira kesemua puncak spektral yang ada. Contoh imej Clus1 dalam Rajah 4.5(a) mempunyai 19 kelas spektral hasil pemprosesan "cluster- broad- retain all clusters".

Option "*drop least significant*" memberikan arahan kepada pemprosesan "cluster" supaya puncak histogram yang kurang berperanan ("significant") diabaikan dari hasil pengelasan. *Kayu pengukur atau nilai ambang untuk menilaikan kesignifikan sesuatu puncak adalah 1% ("Technical Reference IDRISI").* Ini bererti bahawa sekiranya saiz atau frekuensi sesuatu puncak histogram itu kurang daripada 1%

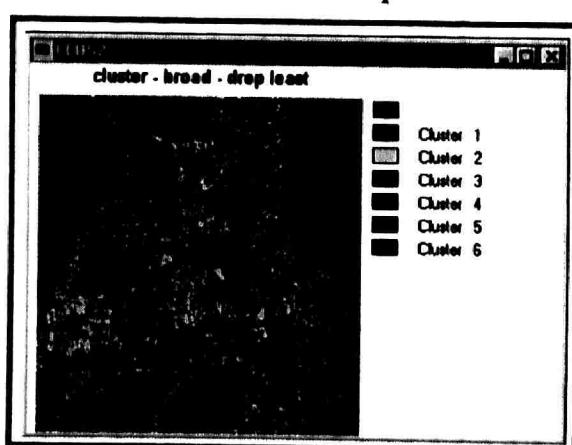
daripada jumlah data, ia tidak akan dikelaskan sebagai kelas individu. Rujuk Rajah 4.5(b) imej Clus2, pemilihan kriteria "cluster- broad- drop least" telah menghasilkan 6 kelas spektral saja berbanding dengan kaedah "retain all clusters" yang menghasilkan 19 kelas spektral (imej Clus1). Dengan erti kata lain, ada 13 kelas yang dikenalpasti tidak "significant" (kerana terlalu sedikit frekuansnya) dan telah digolongkan ke dalam kelas spektral yang utama.

Option "*set maximum number of clusters*" membolehkan pengguna menetapkan bilangan kelas spektral yang hendak dioutput dalam proses "cluster". Namun, bilangan kelas spektral yang dikehendaki pengguna seharusnya sama atau kurang daripada jumlah "cluster" yang ada dalam hasil option "retain all clusters". Contohnya imej Clus3 dalam Rajah 4.5(c) menunjukkan hasil pemprosesan "cluster- broad- set maximum number of clusters= 5".

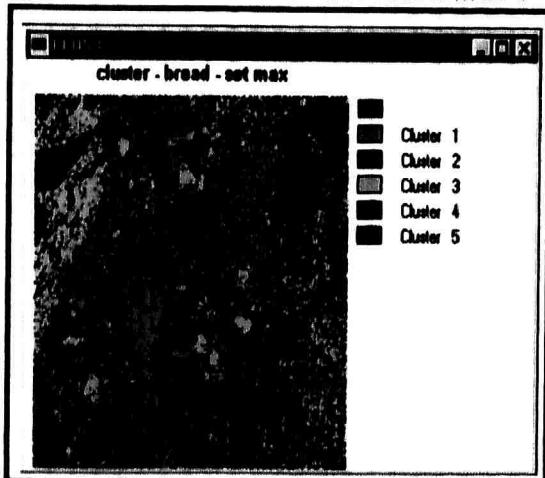
Rajah 4.5(a): Hasil pilihan "Cluster - Broad - Retain all clusters".



Rajah 4.5(b): Hasil pilihan "Cluster - Broad - drop least".



Rajah 4.5(c): Hasil pilihan "Cluster - Broad - Set maximum".



Pengkelasan tidak diselia menghasilkan sebilangan kelas spectral atau "cluster" menurut kriteria-kriteria yang disediakan dalam module "cluster". Kajian lapangan, kajian dan rujukan peta serta foto udara boleh diusahakan untuk menyelesaikan persoalan "apakah fitur-fitur bumi yang diwakili oleh kelas-kelas spektral (cluster1,2..) ini?".

4.2 Konsep Pengkelasan diselia ("supervised classification").

Sekiranya pengkelasan tidak diselia adalah kajian spektral yang dilakukan tanpa banyak campur tangan pengguna, pengkelasan diselia menampakkan penglibatan *intervensi pengguna yang lebih intensif*. Pengkelasan diselia melibatkan peranan pengguna sepanjang prosesnya. Antaranya prosedur penting pengkelasan diselia adalah seperti yang berikut:

- Mengenalpasti bilangan kelas fitur yang ingin dikaji. Secara umumnya, pertimbangan dilakukan dengan kajian lapangan, rujukan bahan seperti peta serta foto udara, kajian visual imej remote sensing, kajian statistik data remote sensing seperti histogram taburan data.
- Mengenalpasti kawasan atas imej yang boleh dijadikan "training area" untuk setiap fitur yang diminati.

"Training area" adalah poligon vektor yang mewakili fitur-fitur kawasan kajian.

"Training area" ini diproseskan untuk mencungkil statistik seperti nilai *minimum, maksimum, nilai purata dan "standard deviation"* sesuatu fitur yang ingin dikaji (Rajah 4.6). Dalam erti kata lain, "*spectral signature*" untuk sesuatu fitur disediakan, ia menyerupai statistik cap ibu-jari manusia yang unik untuk setiap individu.

Pembinaan "spectral signature" ini dapat dilaksanakan dengan module "Makesig" yang diaturkan dalam menu utama Idrisi sebagai "*Analisis - Image processing - Signature development - Makesig*".

- Pemeriksaan statistik "training area".

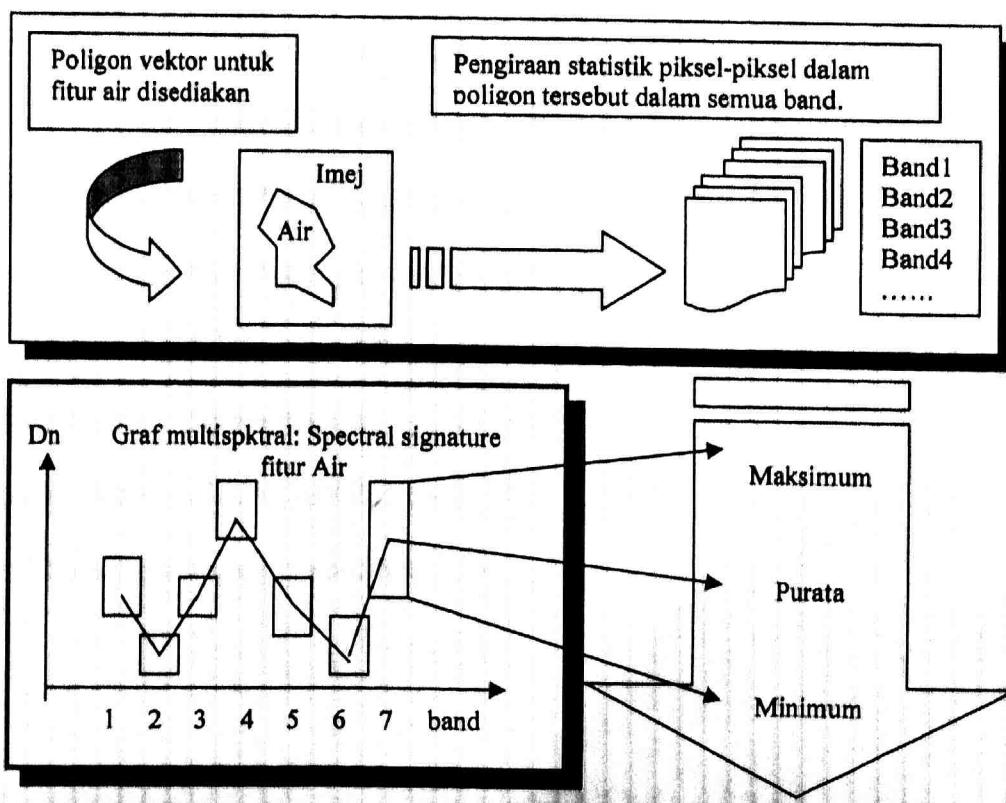
Rajah 4.7 menunjukkan rangka umum taburan spektral "training area" dalam format dwi-spektral (corak spektral sesuatu fitur antara dua band terpilih) dan

Rajah 4.8 untuk multi-spektral (corak spektral sesuatu fitur dalam pelbagai band). Statistik ini boleh diperiksa dengan module "Editsig" dengan "Sigcomp" dalam Idrisi.

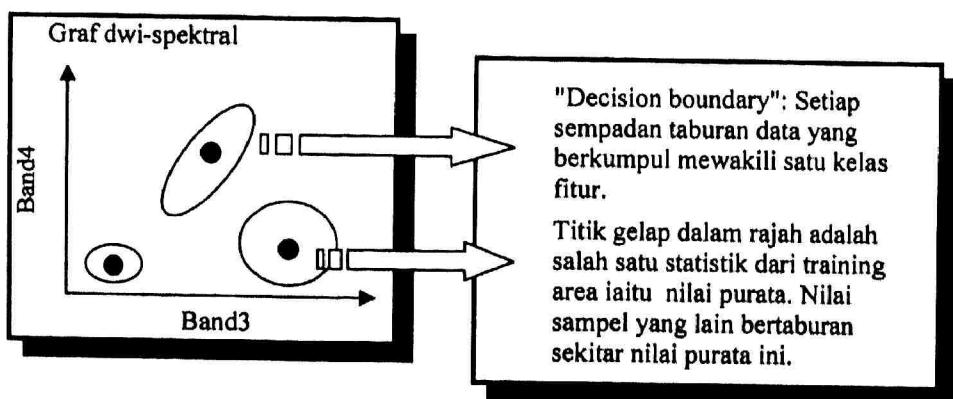
- Tahap pengkelasan.

Memutuskan kaedah pengkelasan (piped, mindist dan maxlike) yang akan diproseskan. Setiap piksel dalam imej mempunyai satu "digital number" atau perwakilan numerik. Pengkelasan keseluruhan imej dapat dilaksanakan dengan membandingkan "digital number" setiap piksel dengan "cap ibu-jari" fitur masing-masing dan teknik ini juga dikenali sebagai "*spectral pattern recognition*".

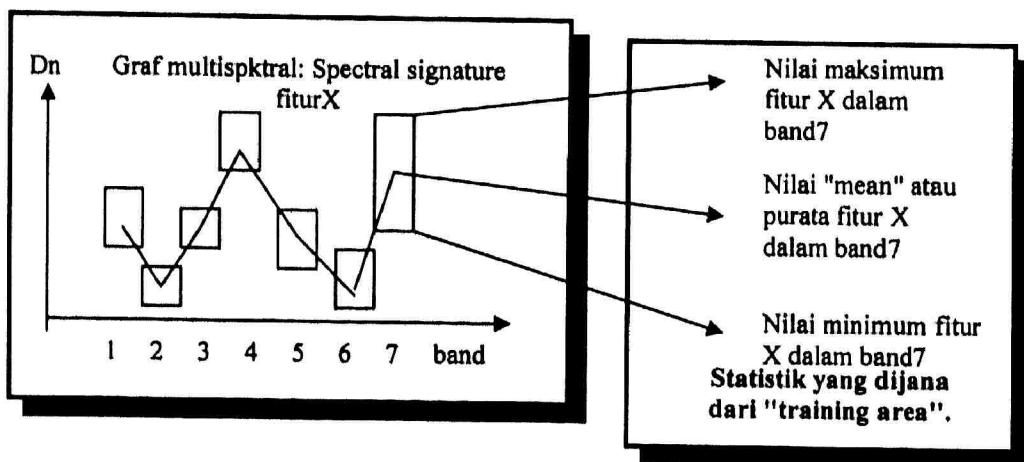
Rajah 4.6 Konsep "training area".



Rajah 4.7: Graf dwi-spektral yang dijana dari statistiks "training area".



Rajah 4.8: Graf multispektral yang dijana dari statistiks "training area".



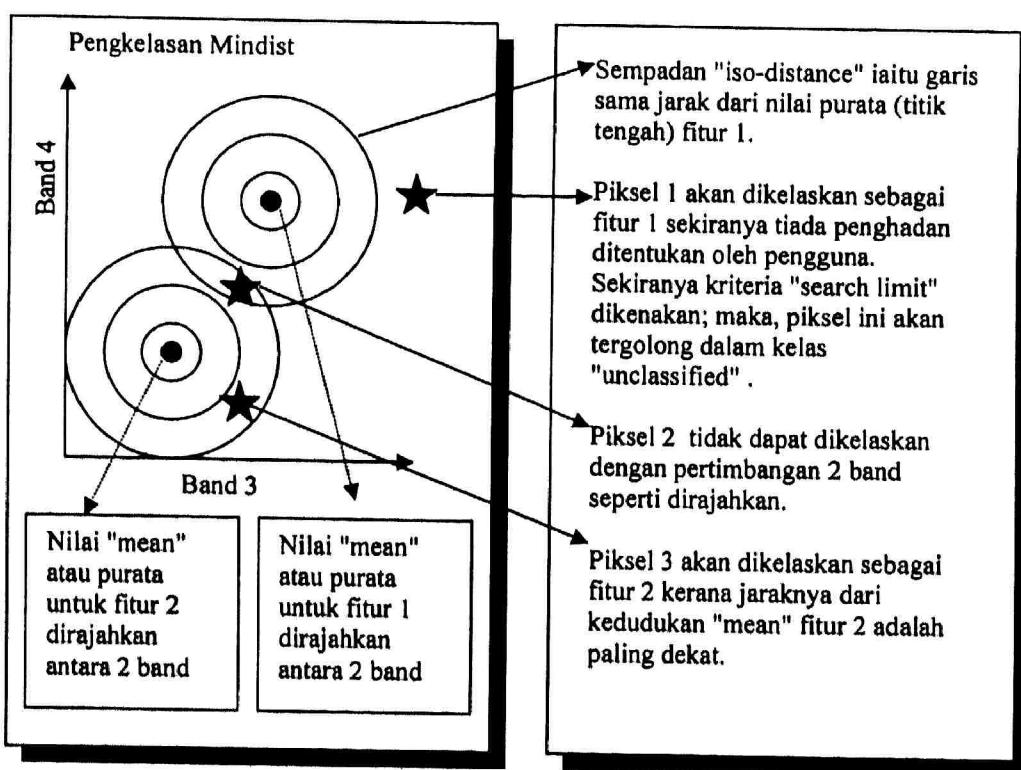
4.2.1 Kaedah pengkelasan diselia: Parallelepiped.

Piped adalah module Idrisi yang melaksanakan pengkelasan diselia dengan algoritma "**Parallelepiped**" atau dikenali sebagai "**Box-car**". Module tersebut telah disediakan dalam menu utama Idrisi di bawah "analysis - image processing - hard classifier - piped". Pengkelasan dijalankan dengan pertimbangan ke atas nilai minimum dan maksimum setiap fitur dalam setiap band.

Dalam kes yang dipermudahkan dalam rajah 4.9, terdapat 2 fitur yang dipertimbangkan. Piksel 1 dan 4 adalah pengkelasan mudah kerana masing-masing terletak dalam "decision boundary" untuk fitur 1 dan 2.

berkedudukan paling dekat (jarak minimum) dari nilai purata sesuatu fitur, ia akan dikelaskan kepada kategori tersebut.

Rajah 4.10: Bagaimakah pengelasan "Mindist" dilaksanakan?



Dalam Rajah 4.10 yang dipermudahkan ini, "mean" untuk dua fitur diplotkan antara 2 band. Sempadan "iso-distance" boleh diunjurkan dari pusat "mean" fitur masing masing. **Dua option jarak yang dipertimbangkan adalah jarak "raw value" dan jarak "normalized"** yang menggunakan unit ukuran "standard deviation". "Raw value" menggunakan nilai mentah imej sebagai unit ukuran jarak, contohnya nilai 0-255 dalam data 8-bit. Jarak "normalized" rujuk kepada nilai "standard deviation" sebagai unit ukuran jarak. Ia akan mengariskan sempadan "iso-distance" sebagai unjuran 1SD ("standard deviation"), 2SD dan nilai SD seterusnya dari pusat "mean" fitur berkenaan.

Piksel 3 akan dikategorikan sebagai fitur 2 kerana jaraknya dari "mean" fitur 2 adalah terdekat berbanding dengan "mean" fitur 1.

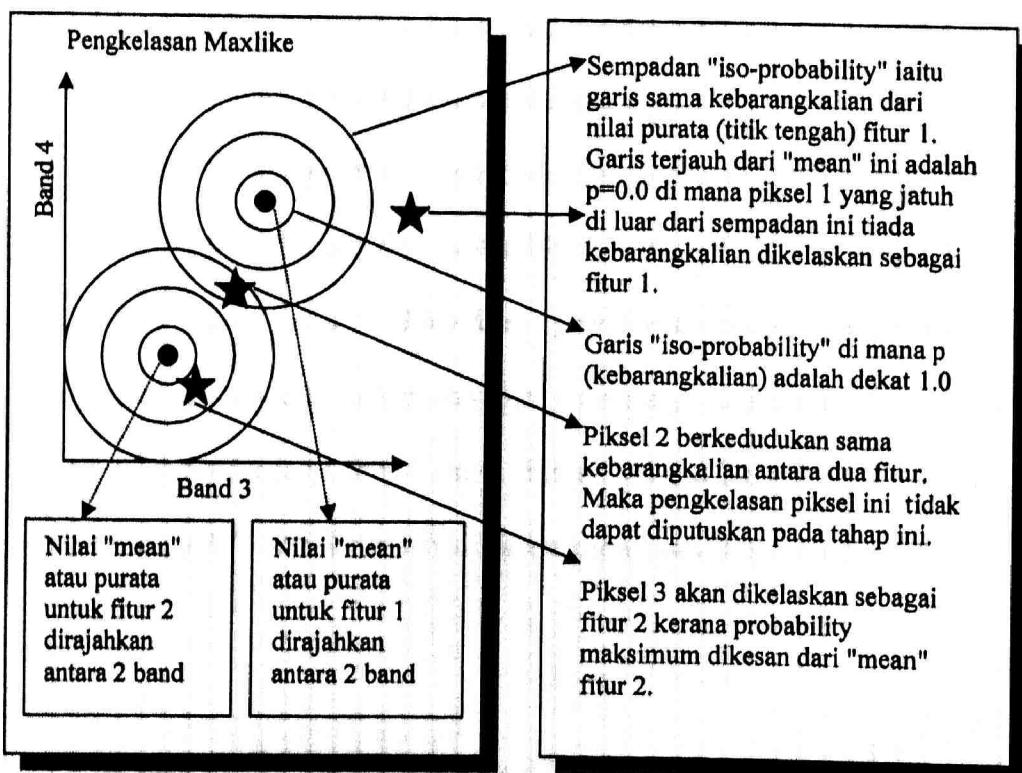
Piksel 1 akan dikelaskan sebagai fitur 1 jika pengguna tidak mengambil kriteria "search limit". Tetapi, piksel 1 akan dikelaskan sebagai "unclassified" sekiranya penghadan ditentukan oleh pengguna. **Penghadan atau "search limit"** dalam konteks ini adalah merujuk pada had sejauh mana ("maximum extent") jarak harus diunjurkan dari pusat "mean" sebagai sempadan pengkelasan sesuatu fitur. Satu piksel yang jatuh di luar "maximum extent from mean" bagi semua fitur diambil-kira sebagai "unclassified".

Piksel 2 menghadapi satu situasi sama jarak dari "mean" fitur 1 dan "mean" fitur 2. Jadi keputusan tidak dapat diambil pada tahap ini, ia perlu mempertimbangkan kelainan statistik dalam band-band yang lain.

4.2.3 Kaedah pengkelasan diselia: "Maxlike".

Maxlike adalah module Idrisi yang menjalankan pengkelasan diselia dengan kaedah "maximum likelihood". Ia disusun sebagai "*analysis - image processing - hard classifiers - maxlike*" dalam menu utama Idrisi. Kaedah ini dilaksanakan dengan perbandingan ke atas nilai kebarangkalian.

Rajah 4.11: Bagaimanakah pengkelasan "Maxlike" dilaksanakan?



Jika sesuatu piksel mengalami p (kebarangkalian) = 0.88 sebagai fitur 1 dan $p=0.55$ untuk fitur 2 dan $p=0.01$ untuk fitur 3; ia akan dikelaskan sebagai fitur 1 kerana kebarangkaliannya muncul sebagai fitur 1 adalah tertinggi.

Konsep pengkelasan maxlike diperangkaskan ke dalam Rajah 4.11 di atas. "Mean" untuk fitur 1 dan 2 diplotkan antara 2 band. Garis "iso-probability" dapat dilukis sebagai unjuran dari pusat "mean" masing-masing. Kes ini mengandaikan keadaan kebarangkalian samarata untuk semua fitur atau "equal probability" di mana setiap piksel mempunyai kebarangkalian yang sama dikategorikan untuk setiap fitur yang dipertimbangkan.

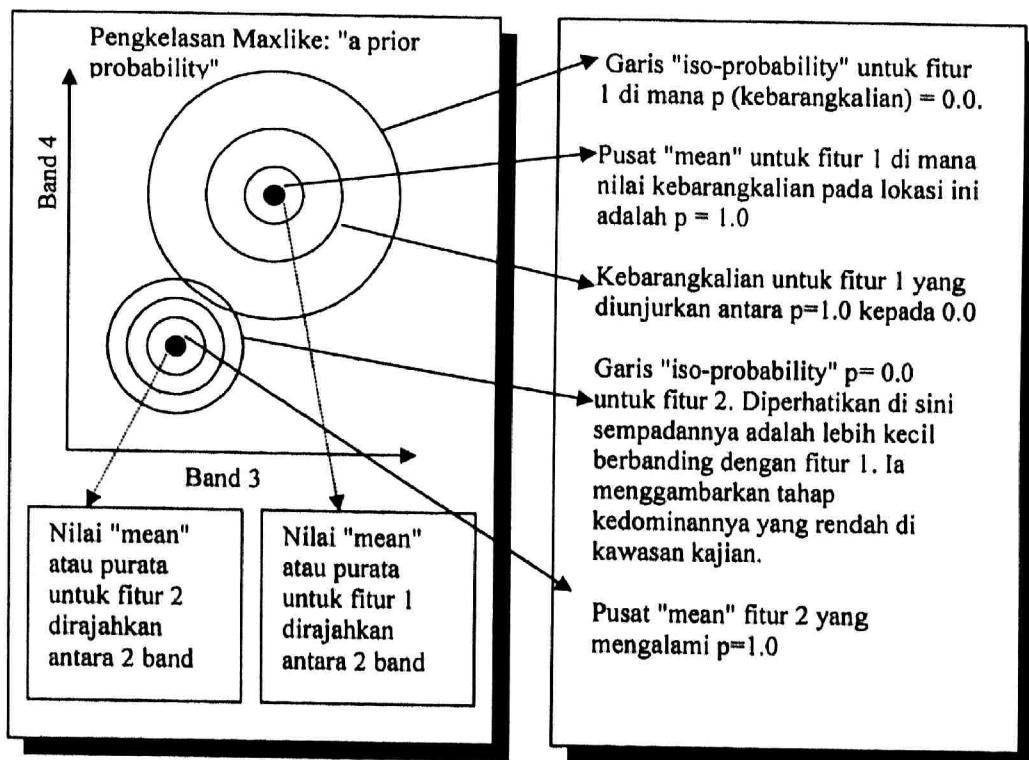
Kebarangkalian adalah indeks untuk mengukur keboleh-jadinya sesuatu kejadian. Ia dijulatkan antara $p=0.00$ (tiada kebarangkalian) serta $p=1.0$ (pasti sesuatu kejadian berlaku). Untuk lokasi atas pusat "mean", kebarangkaliannya adalah $p=1.0$. Garis terjauh dari "mean" ini adalah $p=0.0$ di mana piksel 1 yang jatuh di luar dari sempadan ini tiada kebarangkalian dikelaskan sebagai fitur 1.

Dalam rajah tersebut, piksel 3 akan dikelaskan sebagai fitur 2 kerana kebarangkalian tertinggi dikesan dari pusat "mean" fitur 2.

Piksel 2 berkedudukan sama kebarangkalian antara dua fitur. Maka pengkelasan piksel ini tidak dapat diputuskan pada tahap ini. Pertimbangan ke atas kesemua band terpilih harus dijalankan untuk memutuskan kelas piksel ini.

Module maxlike dalam Idrisi menyediakan kemudahan untuk memilih kriteria "equal probability" ataupun "a prior probability". ***Kriteria "a prior probability"*** ***bermakna setiap fitur akan diberikan pemberat untuk menggambarkan kedominannya dalam kawasan kajian tersebut.*** Contohnya dalam satu kawasan kajian yang mempunyai dua fitur iaitu fitur 1 dan 2. Fitur 1 adalah lebih dominan di mana ia meliputi lebih kurang 80% dari keluasan kawasan kajian dan fitur 2 hanya 20%.

Rajah 4.12: Konsep "a prior probability" dalam "maxlike".



Diperhatikan dalam rajah 4.12 di mana fitur yang lebih dominan diberikan pemberat yang lebih tinggi, justeru itu mempunyai satu "decision boundary" yang lebih luas. Dalam erti kata lain, setiap piksel akan mempunyai kebarangkalian yang lebih tinggi untuk dikelaskan sebagai fitur yang lebih dominan di kawasan kajian.

4.3 Isu teknikal: pengelasan diselia.

Kenapa data mentah yang sama, digunakan oleh institusi yang berbeza akan menghasilkan satu output pemetaan yang tidak seragam? Untuk menjawab soalan ini, penilaian sistem pengelasan dijalankan. Penilaian sistem pengelasan memerlukan pemahaman tentang segala faktor yang mempengaruhi hasil pengelasan, dan untuk tujuan ini, pemeriksaan aspek teknikal pengelasan dilaksanakan dalam bahagian ini. Data yang digunakan untuk tugas awal ini adalah satu Subset imej Thematic mapper negeri Perak yang dinamakan sebagai "Selatan".

4.3.1 Pilihan fitur untuk "training area".

Penyediaan "trining area" adalah sejajar dengan apa yang dibincangkan dalam bahagian 4.2 "Konsep pengelasan diselia". Terdapat 8 file vektor disediakan sebagai "training area". Fitur terpilih untuk penyediaan "training area" termasuklah "air1, kelapa sawit, getah, air2, pasir, tumbuhan 1, penempatan dan tumbuhan 2".

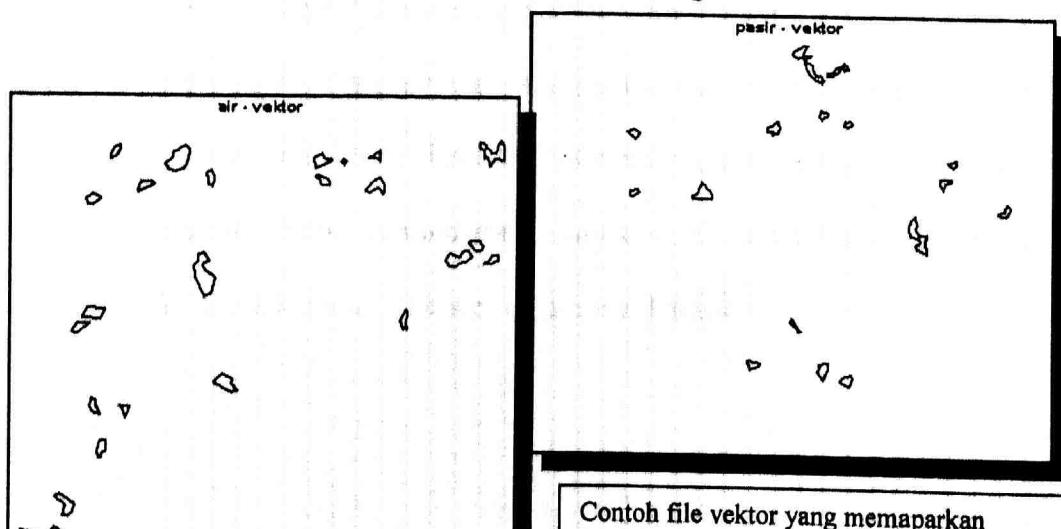
Nama vektor	Huraian
Air1	badan air yang lebih dalam contohnya kawasan kolam di lombong.
Ksawit	kawasan ladang kelapa sawit.
Getah	kawasan ladang getah.
Air2	badan air seperti sungai, terusan yang tidak begitu dalam (warna lebih cerah).
Pasir	kawasan pasir terutamanya sekitar kawasan lombong.
Tumb1	kawasan tumbuhan seperti belukar yang secara visual lebih kasar teksturnya.
Ptempat	kawasan penempatan termasuk pekan, kampong dan bandar.
Tumb2	kawasan tumbuhan (belukar) sekitar lombong, secara visual ia lebih licin.

4.3.2 Kaedah "on screen digitising" untuk "training area".

Pilih imej yang paling sesuai untuk memeriksa fitur yang ingin dikaji. Contohnya, Fitur air senang dikenali dalam TM4 atau TM5 kerana **kontras air-darat dalam bend berkenaan adalah paling tinggi**. Imej "composit" sesuai untuk mengenali lokasi lokasi tanah dedah dan fitur awan. Imej "vegetation index" pula berperanan dalam mengesan fitur-fitur hijau.

Paparkan imej terpilih, gunakan kemudahan "**on screen digitising**" dalam idrisi untuk membentuk poligon-poligon fitur tertentu contohnya fitur air.

Rajah 4.13: Contoh poligon vektor sebagai "training area".



4.3.3 Statistik dari "training area".

Idrisi mempunyai **module "makesig"** yang berupaya membina statistik dari sampel data yang dibekalkan. "Training area" disimpan sebagai struktur file signature (nama.sig).

Rumusan tentang penjanaan statistiks setiap fitur dalam setiap band telah digambarkan dalam Rajah 4.14.

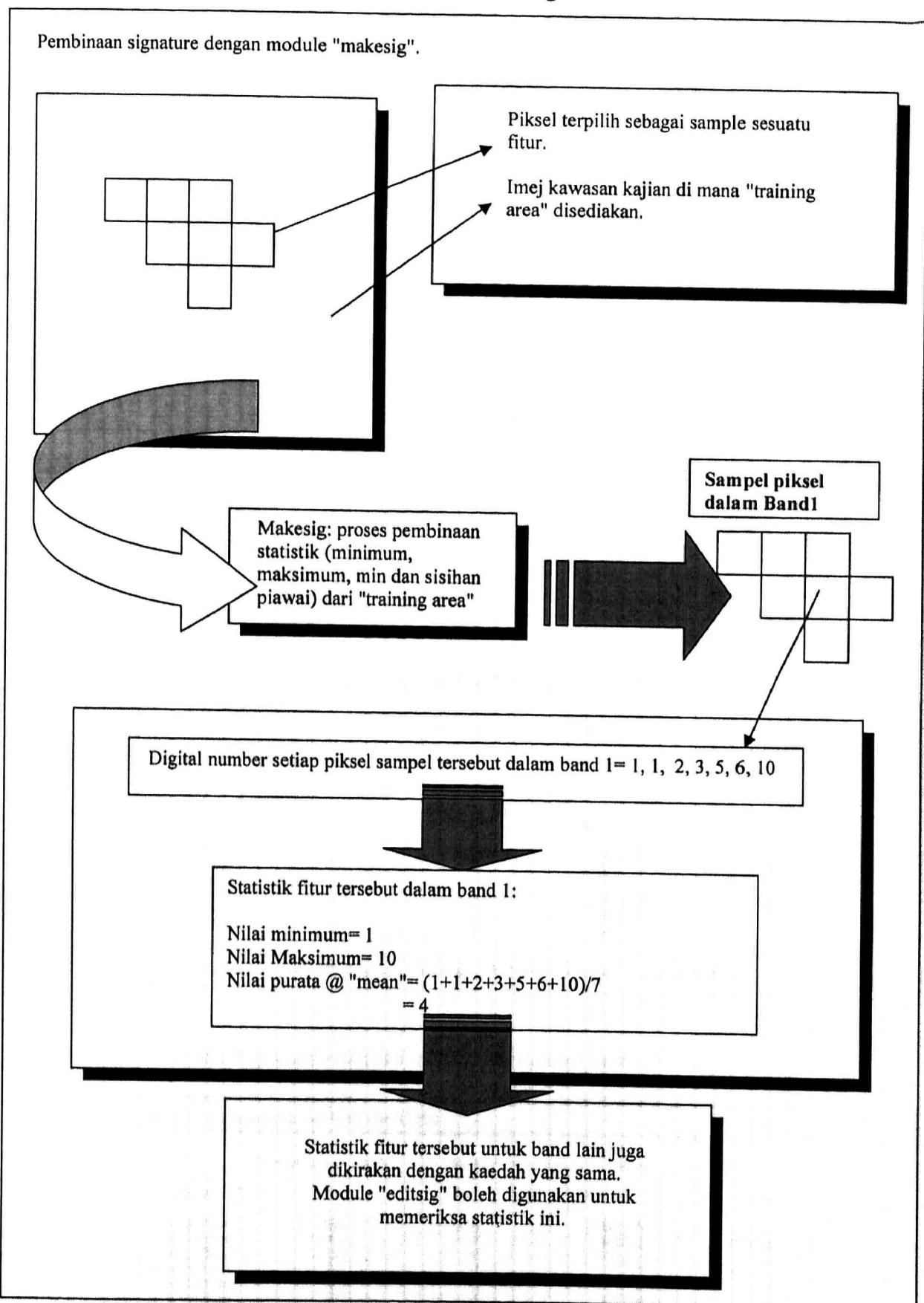
4.3.4 Pemeriksaan statistiks dengan module "Editsig" dan "Sigcomp".

Arahan "Editsig" dalam Idrisi memeriksa ciri statistiks sesuatu fitur dalam sesuatu band seperti yang dilampirkan dalam Rajah 4.15(a-h). "Sigcomp" pula memeriksa statistiks secara menyeluruh, untuk semua fitur dalam semua band.

Statistik menggambarkan bahawa nilai pantulan air1 dalam band1, 2 dan 3 adalah lebih terserak taburannya. Oleh yang demikian, didapati badan air tidak begitu jelas secara visual dalam band berkenaan kerana ia banyak bercampur aduk dengan nilai pantulan fitur lain.

Sebaliknya dalam band 4, 7 dan 3 yang merupakan jarak gelombang NIR ("near infrared"), MID ("middle infrared") dan IR ("infrared"), **badan air1 mengalami "standard deviation" yang rendah**. Keadaan ini menggambarkan bahawa data air1 dalam 3 band ini adalah kurang terserak; dan **secara visual, air1 adalah amat jelas dalam band tersebut**. Biasanya "standard deviation" yang rendah juga dicerminkan dalam histogram data dengan corak taburan yang mirip "normal". Histogram sesuatu statistiks untuk sesejenis fitur boleh diperiksa semasa paparan tetingkap "Editsig" dengan memilih pilihan "**View Histogram**". Rajah 4.16 memberikan gambaran histogram berbentuk "normal" untuk fitur air1 dalam band selatan4.

Rajah 4.14: Penjanaan statistiks dari "training area".



Rajah 4.15(a): Paparan statistiks untuk "signature air1".

IDRISI : Signature Editing Facility v.4.01				
Signature : AIR1		Number of Pixels = 2875		
Band	Min	Max	Mean	Stan. Dev.
1 -->selatan1	101	157	110.74	8.7952
2 selatan2	59	98	65.26	6.8213
3 selatan3	20	61	26.82	5.7044
4 selatan4	14	26	17.95	1.5776
5 selatan5	8	23	5.97	2.1148
6 selatan7	25	39	30.93	1.6851

Select band / view Histogram / change Minimum / change maximum / Quit

Rajah 4.15(b): Paparan statistiks untuk "signature getah".

IDRISI : Signature Editing Facility v.4.01				
Signature : getah		Number of Pixels = 3065		
Band	Min	Max	Mean	Stan. Dev.
1 -->selatan1	101	115	107.49	2.2165
2 selatan2	59	69	63.85	1.2588
3 selatan3	22	38	25.11	1.2011
4 selatan4	61	93	75.93	4.2475
5 selatan5	39	78	48.41	4.1485
6 selatan7	36	53	42.47	2.6197

Select band / view Histogram / change Minimum / change maximum / Quit

Rajah 4.15(c): Paparan statistiks untuk "signature air2".

IDRISI : Signature Editing Facility v.4.01				
Signature : air2		Number of Pixels = 153		
Band	Min	Max	Mean	Stan. Dev.
1 -->selatan1	112	142	129.11	6.4518
2 selatan2	73	98	86.14	6.1249
3 selatan3	40	74	59.28	9.2654
4 selatan4	31	58	42.28	4.7190
5 selatan5	5	53	22.82	10.7171
6 selatan7	31	52	37.45	4.2363

Select band / view Histogram / change Minimum / change maximum / Quit

Rajah 4.15(d): Paparan statistiks untuk "signature tumb1".

IDRISI : Signature Editing Facility v.4.01				
Signature : tumb1		Number of Pixels = 1048		
Band	Min	Max	Mean	Stan. Dev.
1 -->selatan1	102	112	106.85	1.6350
2 selatan2	61	67	64.18	0.8826
3 selatan3	22	38	25.27	0.9222
4 selatan4	52	81	65.57	4.9451
5 selatan5	29	65	41.78	5.9248
6 selatan7	36	51	41.34	2.6787

Select band / view Histogram / change Minimum / change maximum / Quit

Rajah 4.15(e): Paparan statistiks untuk "signature tumb2".

IDRISI : Signature Editing Facility					v.4.01
Signature : tumb2		Number of Pixels = 214			
Band	Min	Max	Mean	Stan. Dev.	
1 -->selatan1	106	129	115.19	4.4818	
2 selatan2	64	78	69.02	2.8284	
3 selatan3	29	50	35.28	4.8876	
4 selatan4	41	63	56.99	5.0341	
5 selatan5	60	74	66.68	3.3088	
6 selatan7	50	80	59.37	5.8750	

Select band / view Histogram / change Minimum / change maximum / Quit

Rajah 4.15(f): Paparan statistiks untuk "signature ptempat".

IDRISI : Signature Editing Facility					v.4.01
Signature : ptempat		Number of Pixels = 247			
Band	Min	Max	Mean	Stan. Dev.	
1 -->selatan1	105	177	132.05	18.7428	
2 selatan2	63	117	82.42	13.9112	
3 selatan3	24	104	54.62	20.3894	
4 selatan4	43	101	68.86	13.7297	
5 selatan5	50	179	98.33	33.8969	
6 selatan7	45	155	87.83	27.5436	

Select band / view Histogram / change Minimum / change maximum / Quit

Rajah 4.15(g): Paparan statistiks untuk "signature pasir".

IDRISI : Signature Editing Facility					v.4.01
Signature : pasir		Number of Pixels = 1135			
Band	Min	Max	Mean	Stan. Dev.	
1 -->selatan1	112	209	146.71	21.8496	
2 selatan2	68	128	91.33	13.5823	
3 selatan3	29	113	64.48	19.3948	
4 selatan4	64	121	79.02	8.3416	
5 selatan5	75	179	112.42	20.4487	
6 selatan7	57	155	94.93	22.2150	

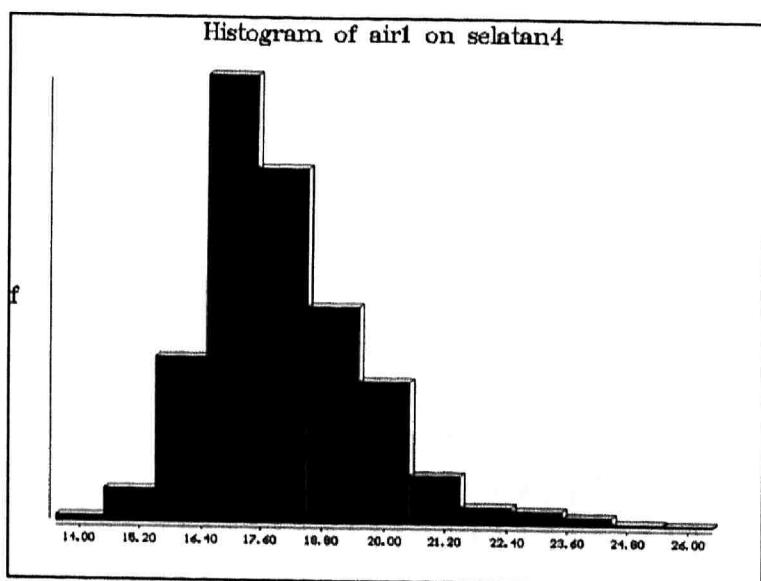
Select band / view Histogram / change Minimum / change maximum / Quit

Rajah 4.15(h): Paparan statistiks untuk "signature Ksawit".

IDRISI : Signature Editing Facility					v.4.01
Signature : ksawit		Number of Pixels = 3407			
Band	Min	Max	Mean	Stan. Dev.	
1 -->selatan1	102	113	107.20	1.6275	
2 selatan2	60	66	63.15	0.9155	
3 selatan3	22	27	24.34	0.8648	
4 selatan4	71	87	80.69	2.2578	
5 selatan5	38	51	44.83	1.6598	
6 selatan7	36	45	40.58	1.4310	

Select band / view Histogram / change Minimum / change maximum / Quit

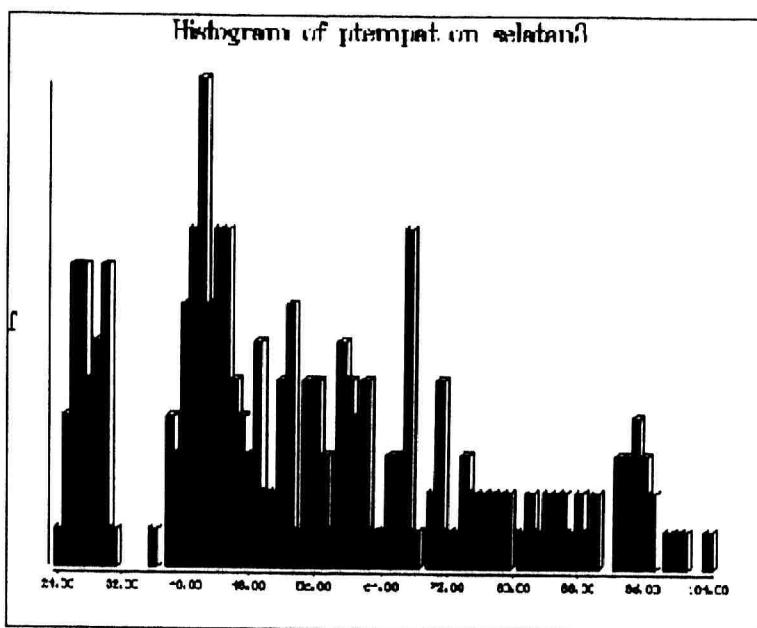
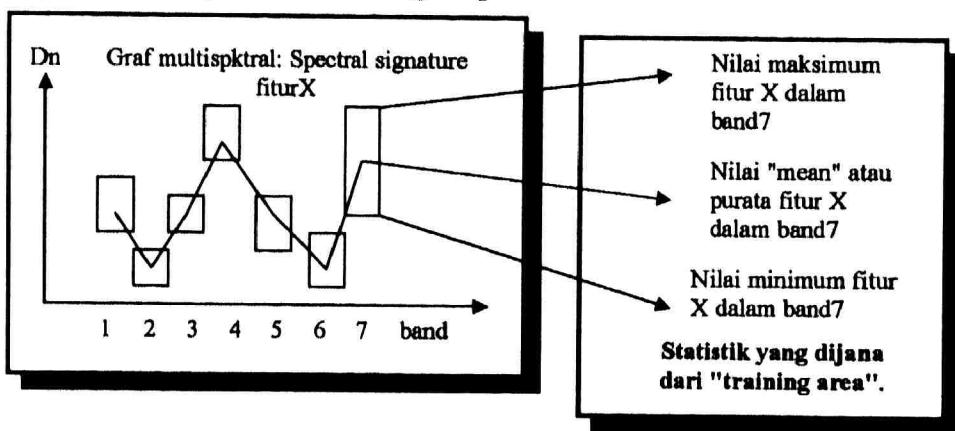
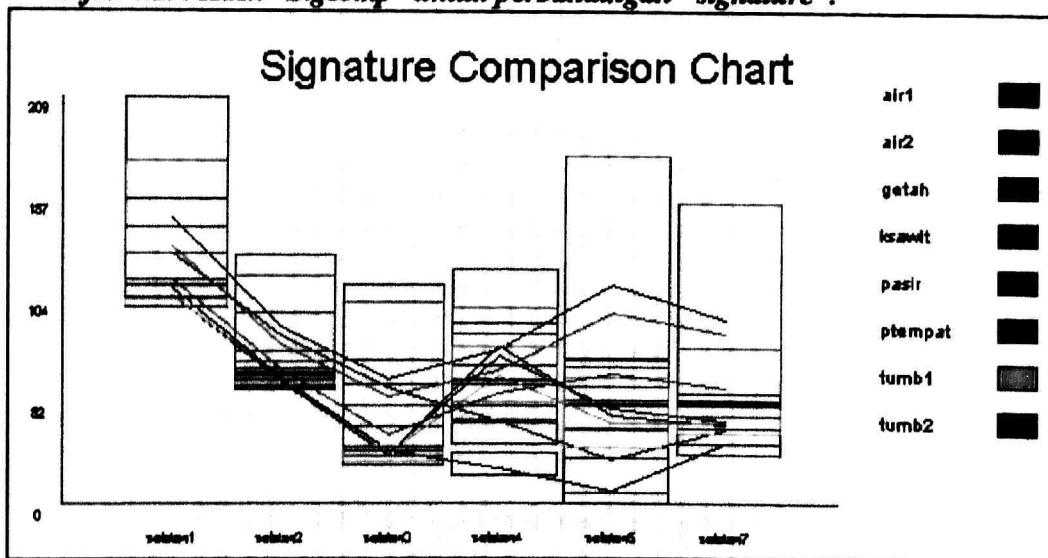
Rajah 4.16: Bentuk histogram yang normal.



Didapati "standard deviation" yang tercatet untuk signature ptempat (penempatan) (Rajah 4.15f) adalah lebih tinggi secara relatif dengan fitur air1 dalam mana-mana band. "Ptempat" mengalami "standard deviation" sebesar 18.7428 (band1), 13.9112 (band2), 20.3094 (band4), 13.7297 (band4), 33.8969 (band5) dan 27.5436 (band7). **Ia menggambarkan bahawa data pertempatan diserakkan pada julat Dn yang lebar dalam kesemua band.**

Sekiranya dipaparkan dengan histogram, ia biasanya tidak bercorak normal (Rajah 4.17). Logik di sebalik pemerhatian ini ialah, fitur penempatan adalah satu fitur yang mempunyai tahap kompleksiti yang tinggi, ia biasanya terdiri daripada kombinasi objek seperti bangunan, tanah dedah, pokok, padang rumput, bumbung yang pelbagai jenis dan sebagainya. Kompleksiti ini telah menyumbangkan satu julat pantulan yang lebar semasa dicerap oleh penderia satelit.

Statistik yang dijana dari "training area" ini juga diperiksa dalam module Idrisi "Sigcomp". Rajah 4.18 menjelaskan struktur umum hasil "Sigcomp" yang meringkaskan keseluruhan statistiks dalam 1 graf. Ia memberikan satu visual yang baik tentang "decision boundary" untuk setiap fitur dalam setiap band semasa pemprosesan pengkelasian dilaksanakan (Rajah 4.19).

Rajah 4.17: Bentuk histogram yang tidak normal.**Rajah 4.18: Penjelasan hasil "sigcomp".****Rajah 4.19: Hasil "Sigcomp" untuk perbandingan "signature".**

4.4: Penilaian ketepatan pengelasan diselia.

Pemeriksaan ketepatan akan dijadikan sebagai satu kayu ukur sebelum dan selepas integrasi Remote Sensing dengan teknik GIS untuk meninjau kesasihan hipotesis kajian iaitu: Integrasi dapat meneguhkan nilai dan kualiti informasi.

Penilaian dilakukan dengan memeriksa hasil pengelasan dengan data rujukan seperti peta topografi, peta guna tanah, foto udara, hasil pemerhatian lapangan dan mungkin sumber rujukan lain seperti laporan tahunan, buku tertentu dan sebagainya. Dua sumber rujukan yang amat penting dalam penilaian ini adalah peta topografi dengan hasil pemerhatian lapangan. Peta menggambarkan keadaan keseluruhan permukaan tetapi mungkin mengalami masalah data ketinggalan masa (tidak sempat dikemas-kini). Pemeriksaan lapangan pula menghasilkan maklumat terkini tetapi terhad pada lokasi-lokasi sampel sahaja. Jadi, kedua-dua sumber rujukan ini bersifat saling melengkapi.

Untuk tugas penilaian ini, **Imej "Selatan"** diproseskan dan dihasilkan imej-imej seperti yang berikut:

4 Imej yang diproseskan untuk pengelasan Piped:

- Imej "Piped"** mengikut susunan signature: "ptempat, tumb1, pasir, ksawit, getah, air1, air2".
- Imej "Piped2"** mengikut susunan signature: "ptempat, tumb1, pasir, getah, ksawit, air1, air2".
- Imej "Piped3"** mengikut susunan signature: "ptempat, tumb1, pasir, getah, ksawit, air1, air2".
- Fitur "ptempat" menggunakan "signature" yang baru untuk menggantikan yang lama.
- Imej "Piped4"** mengikut susunan signature: "tumb1, tumb2, pasir, getah, ksawit, air1, air2". Fitur "tumb2" adalah "signature" yang baru.
- Imej "Mindist1"** **1 Imej yang diproseskan untuk pengelasan "Mindist":** menggunakan signature: "air1, ksawit, getah, air2, pasir, tumb1, tumb2".
- Imej "Maxlike1"** **2 Imej yang diproseskan untuk pengelasan "Maxlike":** menggunakan signature: "air1, air2, ksawit, getah, pasir, tumb1, tumb2". Ia dilaksanakan menurut kaedah "*equal probability*".
- Imej "Maxlike2"** menggunakan signature: "air1, air2, ksawit, getah, pasir, tumb1, tumb2". Ia dilaksanakan menurut kaedah "*a prior probability*" di mana kebarangkalian yang ditetapkan adalah 0.15, 0.15, 0.20, 0.20, 0.05, 0.30, 0.10, 0.05 berpadan dengan susunan signaturenya.

4.4.1 Perbandingan keluasan hasil pelbagai kaedah pengelasan.

Keluasan fitur dalam sesuatu imej dapat diproseskan dengan **module "Area"** dalam **Menu "database query"** Idrisi. Keluasan fitur dikirakan mengikut hasil

pengelasan Piped, Mindist dan Maxlike adalah seperti yang terpapar di bawah. Keputusan keseluruhan telah diringkaskan dalam Rajah 4.20.

Rajah 4.20: Keluasan fitur (peratusan dari jumlah keluasan) dalam setiap hasil pengelasan.

Fitur\Imej	Piped1	Piped2	Piped3	Piped4	Mindist1	Maxlike1	Maxlike2
Unclassified	4.40	4.40	11.04	33.67	---	---	---
Air1	10.47	10.47	10.47	10.47	13.09	10.44	10.49
Air2	1.12	1.12	1.12	1.12	2.58	11.98	11.25
Ksawit	0.06	11.03	11.03	11.03	6.73	5.02	4.76
Getah	31.98	21.01	21.01	21.01	23.17	18.55	20.60
Tumb1	3.32	3.32	3.32	3.30	13.94	8.09	6.67
Tumb2	---	---	---	4.41	32.48	14.51	11.58
Ptempat	33.66	33.66	27.02	---	---	---	---
Pasir	14.99	14.99	14.99	14.99	8.09	31.41	34.65
Jumlah %	100	100	100	100	100	100	100

4.4.2 Kenapa hasil pengelasan berbeza sedangkan data mentah yang sama diinputkan?

Kenapa Data mentah remote sensing yang sama, digunakan oleh institusi yang berbeza akan menghasilkan output pemetaan yang tidak seragam? Faktor utama adalah pemilihan kaedah pengelasan yang berbeza antara organisasi berlainan. Rujuk pada Rajah 4.20, data yang sama diproseskan, namun kelas "unclassified" hanya wujud untuk pengelasan Piped (Piped1 4.40%, Piped2 4.40%, Piped3 11.04%, Piped4 33.67%) dan bukan kaedah lain dalam kajian.

Faktor kedua berkenaan dengan bilangan "signature". Piped4 memaparkan keluasan sebanyak 33.67% sebagai kelas "unclassified" berbanding dengan 11.04% dalam Piped3. Ini disebabkan oleh kerana "*signature*" **Ptempat (pertempatan)** telah dilucutkan dari pengelasan Piped4, dan kawasan yang dikenali sebagai Ptempat dalam hasil pengelasan Piped1, Piped2, Piped3 didapati "tidak dapat dikenali" dalam

Piped4 dan terpaksa digolongkan dalam kelas "unclassified". Sila rujuk bahagian 4.2 untuk memeriksa perbezaan teknikal dan "algorithm" setiap jenis pengelasan yang menghasilkan output yang berbeza beza.

Faktor ketiga: perbezaan kecenderungan dalam penyediaan "training area". Hasil pengelasan *dipengaruhi oleh set statistik yang diterbitkan dari "training area"nya. Setiap individu akan menggunakan persepsi bidang kepakaran yang berbeza, bahan rujukan yang berbeza, sampel "training area" yang berbeza, bilangan fitur bumi yang berbeza, yang kesemuanya membina statistik yang berlainan untuk sesuatu fitur.*

Faktor keempat: susunan "signature" yang berbeza menghasilkan output pengelasan yang berbeza. Rujuk pada lajur Piped1 dan Piped2 dalam Rajah 4.12, didapati keluasan fitur ksawit (Piped1 0.06%, Piped2 11.03%) dan getah (Piped1 31.98%, Piped2 21.01%) adalah berbeza walaupun kedua-duanya menggunakan teknik pengelasan yang sama (Piped) serta set statistik ("training area") yang sama. Ini disebabkan kriteria susunan "signature" yang berbeza semasa pemprosesan pengelasan. Piped1 menggunakan susunan "signature" ksawit sebelum getah. Manakala Piped2 menggunakan susunan "signature" yang sebaliknya (getah mendahului "signature" ksawit).

Faktor kelima: kriteria berbeza mempengaruhi hasil pengelasan. Eksperimen Maxlike1 dan Maxlike2 (Rajah 4.20) memberikan satu gambaran jelas tentang perkara ini, kedua-duanya menghasilkan keluasan setiap fitur yang amat berbeza. Maxlike1 menggunakan algoritma "equal probability" manakala Maxlike2 menggunakan "a prior probability".

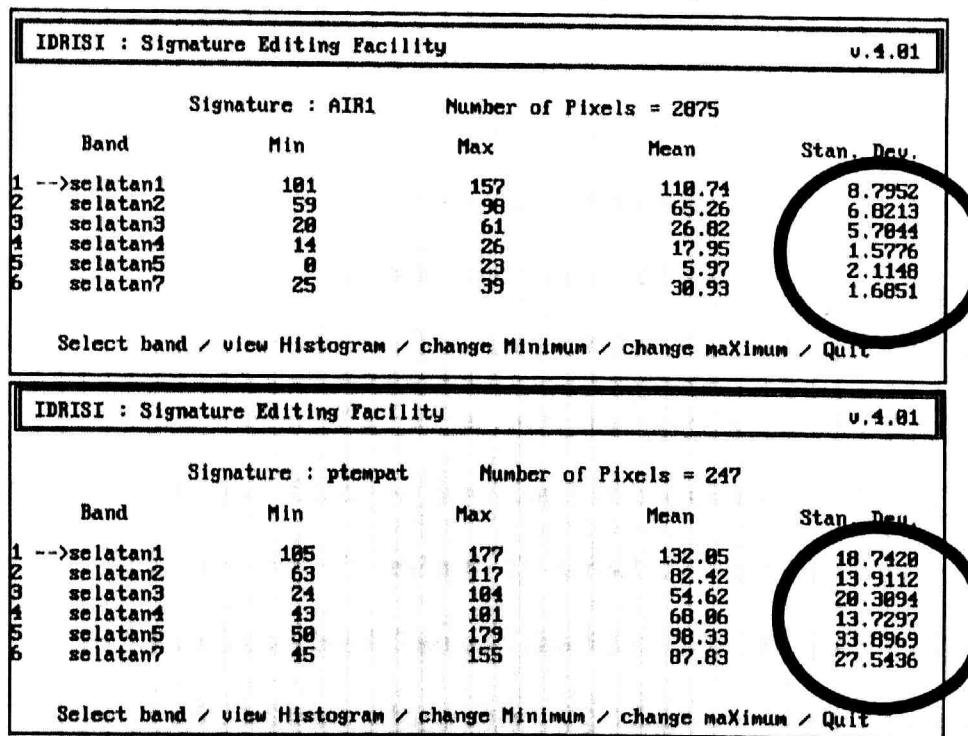
Faktor keenam: penggunaan "training area" yang berbeza. Dalam Piped2, keluasan untuk fitur Ptempat adalah jauh lebih besar (33.66%) daripada komposisi guna tanahnya menurut pemerhatian muka bumi di dunia realiti. Untuk mengatasi masalah

ini, satu "training area" baru disediakan untuk fitur Ptempat dan diinputkan dalam Piped3. Hasilnya keluasan Ptempat adalah lebih kecil (27.02%) walaupun menggunakan teknik pengelasan yang sama.

Faktor ketujuh: sisihan piawai sesuatu "signature". Perbezaan hasil pengelasan adalah kurang ketara untuk "signature" yang mengalami sisihan piawai yang rendah. Ini bererti, fitur ("training area, signature") dengan sisihan piawai yang rendah adalah lebih stabil dalam mana-mana teknik pengelasan.

Contohnya untuk fitur air1 (Rajah 4.21), julat sisihan piawainya adalah 1.57-8.79 pada semua band. Dalam hasil pengelasan, keluasannya dalam output teknik Piped adalah 10.47% (Rajah 4.20), Mindist 13.09% dan Maxlike 10.44% (dari keseluruhan keluasan kawasan kajian). Keadaan ini adalah lebih mantap berbanding dengan "signature" yang mempunyai sisihan piawai yang tinggi contohnya Ptempat yang memaparkan julat sisihan piawai antara 13.73 -27.54 (Rajah 4.20).

Rajah 4.21: Sisihan piawai antara fitur air dan penempatan.



4.4.3 Kaedah Penilaian ketepatan hasil pengelasan: Matriks Ralat.

Rajah 4.22 memaparkan matriks yang diguna untuk tujuan pemeriksaan ketepatan hasil pengelasan.

Error1 (E1)= piksel sesuatu fitur telah disalah tafsirkan (pengelasan) sebagai fitur lain. Analogi yang baik adalah pemeriksaan ke atas wang kertas Ringgit Malaysia, didapati ada RM tertentu yang disalah-kumpulkan dalam wang kertas USD, wang kertas RM yang tersilap anggap sebagai USD inilah dikenali sebagai Error1. Contohnya jumlah sampel Fitur2 bersamaan dengan "c" ($c = a+b$) di mana antaranya "b" telah dikelaskan dengan betul sebagai fitur2, tetapi ada "a" sampel yang disalah-labelkan sebagai fitur1. Oleh yang demikian, bilangan sampel "a" adalah kesilapan pengelasan jenis "error1" (maka $E1 = a$). $E1\% = E1/S \times 100$, di mana S adalah jumlah sampel untuk fitur berkenaan. Contohnya secara empirikal adalah seperti Fitur3 dalam Rajah 4.22. 12 sampel fitur3 telah diperiksa, didapati terdapat 10 antaranya dikelaskan sebagai fitur3 (tiada kesilapan), tetapi ada 1 yang dikelaskan sebagai fitur6 dan fitur7 masing-masing (kesilapan "error1"). Maka $E1 = 2$ dan $E1\% = 2/12 \times 100 = 16.7\%$.

Error2 = piksel fitur lain yang disalah tafsir sebagai fitur yang diperiksa. Analogi pemeriksaan wang kertas yang senang difahami adalah: Pemeriksaan ke atas segumpal wang kertas RM, didapati ada beberapa wang kertas Yen Jepun yang tersilap-kumpul sebagai RM. Wang kertas Yen inilah yang dikatakan jenis Error2. Contohnya terdapat "f" piksel yang dikelaskan sebagai fitur1. Didapati bahawa $f = a+d+e$ di mana "d" adalah bilangan sampel yang dikelaskan dengan betul (fitur1 dikelaskan sebagai fitur1); "a" adalah fitur2 yang tertafsir sebagai fitur1 manakala "e" adalah fitur6 yang disalah-kelaskan sebagai fitur1. Oleh yang demikian, $E2 = a+e$ manakala $E2\% = E2/f \times 100$. Contohnya pada lajur "fitur3", terdapat 13 sampel dikelaskan sebagai fitur3. Antaranya, 10 dikelaskan dengan betul, 2 sampel fitur5 disalah tafsirkan sebagai fitur3 manakala 1 sampel fitur6 dikelaskan sebagai fitur3. $E2$ dalam kes ini = $2+1$ iaitu = 3, dan $E2\% = 3/13 \times 100 = 23.1\%$.

Rajah 4.22: Kerangka am jadual matriks untuk tujuan penyemakan ketepatan (accuracy assessment).

The diagram illustrates the process of accuracy assessment. It starts with an oval labeled "Fitur di dunia realiti" (Features in the real world) at the top left, connected by a vertical arrow pointing down to a horizontal arrow. This horizontal arrow points to another oval labeled "Hasil pengelasan" (Classification results) at the top right. Below these ovals is a large rectangular matrix table. The columns are labeled: 0 unclassified, 1 fitur1, 2 fitur2, 3 fitur3, 4 fitur4, 5 fitur5, 6 fitur6, 7 fitur7, Jumlah, Error1, and Error1 %. The rows are labeled: 1 Fitur1, 2 Fitur2, 3 Fitur3, 4 Fitur4, 5 Fitur5, 6 Fitur6, 7 Fitur7, Jumlah, Error2, and Error2 %.

	0 unclassified	1 fitur1	2 fitur2	3 fitur3	4 fitur4	5 fitur5	6 fitur6	7 fitur7	Jumlah	Error1	Error1 %
1	Fitur1	d									
2	Fitur2	a	b						c	E1	E1%
3	Fitur3			10				1	1	12	2 16.7
4	Fitur4										
5	Fitur5			2							
6	Fitur6	e		1							
7	Fitur7										
	Jumlah	f	13						x		
	Error2		E2	3						y	
	Error2 %		E2%	23.1							z

"x" adalah jumlah sampel yang diperiksa ketepatan pengelasannya. "y" adalah bilangan sampel yang disalah kelaskan sebagai fitur lain. "z" adalah peratusan kesilapan sesuatu teknik pengelasan yang sedang diperiksa ketepatannya. Formula untuk mendapatkan peratusan z adalah $z = (y/x)100$.

Penilaian ketepatan dilakukan ke atas kesemua hasil pengelasan untuk melihat tahap ketepatan setiap kaedah pengelasan yang berbeza.

4.4.4 Penilaian ketepatan ke atas pengelasan Piped.

Rujuk pada Rajah 4.23. Dalam imej Piped, peratusan kesilapan secara keseluruhan adalah setinggi 39.3%, iaitu 33 daripada 84 sampel lokasi yang diperiksa

walaupun fitur lain mencatetkan pencapaian yang memuaskan iaitu 0% kesilapan Error2.

Kesilapan ini berlaku dipercayai berkaitan dengan kompleksiti kawasan ptempat dan faktor ciri-ciri mirip antara getah dan ksawit. Kompleksiti pertempatan yang dicirikan dengan kombinasi pelbagai material seperti bangunan, jalan, kawasan lapang, tumbuhan hijau dan sebagainya mengakibatkan ciri spektralnya yang bersisihan piawai tinggi. Ini menyebabkan banyak piksel fitur lain yang tersilap tafsir sebagai fitur ptempat. Fitur getah pula merekodkan nilai Error2 % yang tinggi disebabkan ciri spektralnya mirip fitur kelapa sawit, kekeliruan ciri spektral mengakibatkan piksel ksawit disalah tafsir sebagai fitur getah.

Rajah 4.24: Matriks penilaian ketepatan pengelasan imej Piped2.

		0 unclassified	1 ptempat	2 tumb1	3 pasir	4 getah	5 ksawit	6 air1	7 air2	Jumlah	Error1	Error1 %
1	Air1							12		12	0	0.0
2	ksawit					1	11			12	1	8.3
3	getah		2			10				12	2	16.7
4	Air2	3	2						7	12	5	41.7
5	pasir		4		8					12	4	33.3
6	Tumb1		1	2		6	3			12	10	83.3
7	ptempat		12							12	0	0.0
	Jumlah	3	21	2	8	17	14	12	7	84		
	Error2	3	9	0	0	7	3	0	0		22	
	Error2 %	100	42.9	0.0	0.0	41.2	21.4	0.0	0.0			26.2

Pemeriksaan ketepatan untuk hasil pengelasan Piped2 telah diuraikan dalam Rajah 4.24. Tahap kesilapan keseluruhan berkedudukan 26.2% diperhatikan dalam imej

Piped2, ketepatan imej Piped2 adalah lebih baik berbanding dengan Piped yang dicerminkan dengan tahap kesilapannya setinggi 39.3%.

Keputusan imej Piped menampakkan masalah pengkelasan fitur yang mempunyai ciri-ciri spektral yang mirip antara satu dengan lain. Dalam imej Piped, kesilapan pengkelasan mencatatkan nilai 100% untuk fitur ksawit, iaitu kesemua sampel ksawit yang diuji didapati telah disalah-kelaskan sebagai getah. Masalah teknikal susunan "signature" atau pertindihan "decision boundary" dalam pengkelasan Piped telah dibincangkan dalam Bahagian 4.2.1. Untuk mengatasi masalah ini, Piped2 disediakan dengan menyusun semula kedudukan "signature" ("signature" ksawit disusun selepas kedudukan getah). Perubahan kriteria ini telah menghasilkan kesilapan pengkelasan yang lebih rendah untuk ksawit (8.3%) dan juga dari segi keseluruhan (26.2%). Pemeriksaan baris "error2" mendapati bahawa nilai kesilapan untuk getah telah merosot (Piped1, 67.7% ke Piped2, 41.2%) berbanding dengan imej Piped. Ini berjaya dilakukan dengan mengubah susunan "signature" getah dengan ksawit.

Rajah 4.25: Matriks penilaian ketepatan pengkelasan imej Piped3.

		0 unclassified	ltempat	2 tumb1	3 pasir	4 getah	5 ksawit	6 air1	7 air2	Jumlah	Error1	Error1 %
1	Air1							12		12	0	0.0
2	ksawit					1	11			12	1	8.3
3	getah		2			10				12	2	16.7
4	Air2	5							7	12	5	41.7
5	pasir		4		8					12	4	33.3
6	Tumb1		1	2		6	3			12	10	83.3
7	ptempat		12							12	0	0.0
	Jumlah	5	19	2	8	17	14	12	7	84		
	Error2	5	7	0	0	7	3	0	0		22	
	Error2 %	100	36.8	0.0	0.0	41.2	21.4	0.0	0.0			26.2

Piped3 mencatatkan jadual matriks yang lebih kurang sama dengan imej Piped2. Sebenarnya Piped3 menggunakan semua parameter yang sama seperti Piped2, kecuali "signature" ptempat telah digantikan dengan set statistik yang baru. Percubaan ini telah dilakukan kerana ptempat mencatatkan kesilapan "error2" setinggi 42.9% dalam imej Piped dan Piped2. Dengan perubahan set statistik ptempat, didapati kesilapan "error2" untuk ptempat berjaya dikurangkan kepada 36.8%. Namun, ia masih satu angka kesilapan yang tinggi. Ciri-ciri mirip antara tumb1 dan getah juga mengakibatkan nilai kesilapan "error2" yang tinggi untuk getah (41.2%) dan "error1" bagi tumb1 setinggi 83.3%.

Rajah 4.26: Matriks penilaian ketepatan pengelasan imej Piped4.

		0 unclassified	1 tumb1	2 tumb2	3 pasir	4 getah	5 ksawit	6 air1	7 air2	Jumlah	Error1	Error1 %
1	Air1							12		12	0	0.0
2	ksawit					1	11			12	1	8.3
3	getah	1				11				12	1	8.3
4	Air2	6							6	12	6	50.0
5	pasir	5			7					12	5	41.7
6	Tumb1	1				7	4			12	12	100
7	Tumb2	6		4	2					12	8	66.7
	Jumlah	19	0	4	9	19	15	12	6	84		
	Error2	19	0	0	2	8	4	0	0		33	
	Error2 %	100	0.0	0.0	22.2	42.1	26.7	0.0	0.0			39.3

Banyak faktor yang mempengaruhi keputusan pengelasan, dan salah satu elemen yang penting adalah jenis fitur terpilih. Dalam Piped4, percubaan dilakukan untuk memperkenalkan satu fitur baru ke dalam senarai "signature". Perubahan parameter ini menghasilkan satu keputusan pengelasan yang berbeza dengan imej Piped sebelum

ini. Diperhatikan bahawa nilai kesilapan keseluruhan adalah amat tinggi iaitu 39.3% berbanding dengan nilai 26.6% untuk imej Piped3.

Perbandingan Piped3 dan Piped4 diperiksa. Lajur "error1" memaparkan peningkatan tahap kesilapan untuk fitur tumb1 (Piped3 83.3%, Piped4 100.0%), air2 (Piped3 41.7%, Piped4 50.0%), pasir (Piped3 33.3%, Piped4 41.7%), Tumb1 (Piped3 83.3%, Piped4 100.0%) dan sebagainya.

Peningkatan kesilapan juga berlaku dalam baris "error2" di mana getah (41.2% dalam Piped3 ke 42.1% dalam Piped4) serta ksawit (Piped3 21.4%, Piped4 26.7%).

Kesemua percubaan sebelum ini telah dapat membuktikan ungkapan bahawa setiap organisasi menggunakan data mentah yang sama (aplikasi parameter yang berlainan) akan menghasilkan output pengelasan yang berbeza-beza dan tiada piawaian.

4.4.5 Penilaian ketepatan ke atas pengelasan Mindist.

Rajah 4.27: Matriks penilaian ketepatan pengelasan imej Mindist1.

		0 unclassified	1 air1	2 ksawit	3 getah	4 air2	5 pasir	6 tumb1	7 tumb2	Jumlah	Error1	Error1 %
1	Air1		11			1				12	1	8.3
2	ksawit			10	2					12	2	16.7
3	getah				7				5	12	5	41.7
4	Air2					12				12	0	0.0
5	pasir					1	5		6	12	7	58.3
6	Tumb1				6			6		12	6	50.0
7	Tumb2				1				11	12	1	8.3
	Jumlah	0	11	10	16	14	5	0	22	84		
	Error2	0	0	0	9	2	0	0	11		22	
	Error2 %	0.0	0.0	0.0	56.3	14.3	0.0	0.0	50.0			26.2

Sebagai salah satu teknik pengelasan diselia yang diperiksa ketepatannya, imej Mindist1 menampilkan satu keputusan keseluruhan yang baik (26.2%) berbanding dengan imej-imej Piped sebelum ini. Berbanding dengan imej Piped4, Mindist1 berjaya memperbaiki ketepatan fitur pasir ("error2" Piped4 22.2%, Mindist1 0.0%), ksawit ("error2" Piped4 26.7%, Mindist1 0.0%), air2 ("error1" Piped4 50.0%, Mindist1 0.0%), tumb1 ("error1" Piped4 100.0%, Mindist1 50.0%) dan tumb2 ("error1" Piped4 66.7%, Mindist1 8.3%). Walau bagaimanapun, kesilapan yang merunsingkan masih diperhatikan ke atas fitur getah ("error1" 41.7%), pasir ("error1" 58.3%) dan tumb1 ("error1" 50.0%) manakala getah dan tumb2 mencatatkan kesilapan "error2" yang juga tinggi iaitu 56.3% dan 50.0% masing-masing. Jadi, dengan pengelasan Mindist, fitur yang mempunyai ciri-ciri yang mirip masih menghadapi masalah kekeliruan dalam pengelasannya.

4.4.6 Penilaian ketepatan ke atas pengelasan Maxlike.

Rajah 4.28: Matriks penilaian ketepatan pengelasan imej Maxlike1.

		0 unclassified	1 air1	2 air2	3 ksawit	4 getah	5 pasir	6 tumb1	7 tumb2	Jumlah	Error1	Error1 %
1	Air1		12							12	0	0.0
2	ksawit				9	3				12	3	25.0
3	getah					7			5	12	5	41.7
4	Air2			12						12	0	0.0
5	pasir						11		1	12	1	8.3
6	Tumb1					6		6		12	6	50.0
7	Tumb2						5		7	12	5	41.7
	Jumlah	0	12	12	9	16	16	6	13	84		
	Error2	0	0	0	0	9	5	0	6		20	
	Error2 %	0.0	0.0	0.0	0.0	56.3	31.3	0.0	46.2			23.8

Imej Maxlike1 telah mencapai satu tahap ketepatan yang agak memuaskan (dalam kes pemetaan menggunakan data remote sensing sebagai sumber informasi). Tahap kesilapan keseluruhan untuk Maxlike1 adalah 23.8%. Berbanding dengan Mindist1, Maxlike1 menampilkan kadar kesilapan yang lebih rendah dalam "error1" untuk fitur air1 (Mindist1 8.3%, Maxlike1 0.0%) dan pasir (Mindist1 58.3%, Maxlike 8.3%). Begitu juga dengan kadar kesilapan "error2" untuk fitur air2 (Mindist1 14.3%, Maxlike1 0.0%) dan tumb2 (Mindist1 50.0%, Maxlike1 46.2%). Namun, terdapat juga beberapa fitur dalam imej Maxlike1 yang mencatatkan kesilapan lebih tinggi berbanding dengan Mindist1. Ini termasuklah "error1" untuk fitur ksawit dan tumb2, serta "error2" bagi fitur pasir. Dalam maxlike1, masih wujud masalah pengelasan fitur dengan ciri ciri spektral yang mirip antara satu sama lain, contohnya fitur getah, tumb1 dan tumb2.

Rajah 4.29: Matriks penilaian ketepatan pengelasan imej Maxlike2.

		0 unclassified	1 air1	2 air2	3 ksawit	4 getah	5 tumb1	6 tumb2	7 pasir	Jumlah	Error1	Error1 %
1	Air1		12							12	0	0.0
2	ksawit				9	3				12	3	25.0
3	getah					8			4	12	4	33.3
4	Air2			12						12	0	0.0
5	pasir							1	11	12	1	8.3
6	Tumb1					6	6			12	6	50.0
7	Tumb2							7	5	12	5	41.7
	Jumlah	0	12	12	9	17	6	8	20	84		
	Error2	0	0	0	0	9	0	1	9		20	
	Error2 %	0.0	0.0	0.0	0.0	52.9	0.0	12.5	45.0			23.8

Imej Maxlike2 dihasilkan dengan kaedah Maximum LikeliHood seperti Maxlike1, cuma kali ini ia aplikasikan kriteria pemberat keatas tahap kebarangkalian setiap fitur. Kaedah ini menghasilkan ketepatan yang baik. Walaupun diperhatikan terdapat banyak pembaikan dari segi ketepatan pengelasan, ,tahap kesilapan yang direkodkan adalah masih 23.8% (sama seperti imej Maxlike1). Pumbaikan ketepatan diperhatikan dalam fitur getah ("error1" Maxlike1 41.7%, Maxlike2 33.3%) ("error2" Maxlike1 56.3%, Maxlike2 0.0050, pasir ("error2" Maxlike1 31.3%, Maxlike2 0.0%) serta tumb2 ("error2" Maxlike1 46.2%, Maxlike2 45.0%). Terdapat juga fitur yang menghadapi peningkatan kesilapan berbanding dengan Maxlike1, air2 mempamerkan kesilapan "error2" yang tinggi dalam Maxlike2 iaitu 52.9% dari 0.0% dalam imej Maxlike1.

4.5 Kesimpulan pemeriksaan ketepatan pengelasan secara keseluruhan.

Rajah 4.30: Matriks perbandingan antara kesilapan setiap teknik pengelasan.

	PIPED1		MINDISTI		.MAXLIKE2	
	Error1%	Error2%	Error1%	Error2%	Error1%	Error2%
Air1	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0	0.0
Ksawit	100.0	0.0	16.7	0.0	25.0	0.0
Getah	16.7	67.7	41.7	56.3	33.3	52.9
Air2	47.7	0.0	0.0	14.3	0.0	0.0
Pasir	33.3	0.0	58.3	0.0	8.3	45.0
Tumb1	83.3	0.0	50.0	0.0	50.0	0.0
Tumb2	---	---	8.3	50.0	41.7	12.5
Σ Error (z)	39.3		26.2		23.8	

Rajah 4.30 merumuskan pati analisis perbandingan 7.3.1 - 7.3.5. Secara makro, boleh diputuskan bahawa Kaedah Maxlike (kesilapan umum $z = 23.8\%$) menghasilkan

pengelasan yang lebih tepat berbanding dengan Mindist (kesilapan umum $z = 26.2\%$) dan Piped (kesilapan umum $z = 39.9\%$).

Namun, bila diperhatikan secara melintang, fitur Tumb2 menghadapi kadar kesilapan yang tinggi dalam kaedah Maxlike berbanding dengan fitur lain. Menurut "Technical Reference Idrisi version 4.0", Maxlike adalah kaedah pengelasan yang paling rumit dan mengambil masa yang lebih berbanding dengan kaedah lain. Tetapi ia dapat menghasilkan pengelasan yang paling tepat dengan syarat "training area" yang baik disediakan. Manakala hasil Mindist adalah lebih tepat sekiranya "training area" yang disediakan adalah kurang baik (definisi sempadan "training area" yang kurang sesuai atau pun sampel terpilih adalah sedikit dan kurang mewakili komposisi fitur di kawasan kajian).

Piped1 didapati adalah kaedah pengelasan diselia yang paling pantas pemprosesannya tetapi ia berkemungkinan besar menghasilkan pengelasan yang paling tinggi kesilapannya.

Kaedah Maxlike diterima sebagai kaedah pengelasan yang memuaskan, namun, tidak dapat dinafikan semua kaedah pengelasan yang diperiksa setakat ini mengalami ketidak-stabilan dan dipengaruhi banyak faktor. Adakah integrasi GIS dengan Remote Sensing dapat memperbaiki keadaan ini?

Huraian mengenai sistem pencerapan informasi guna tanah konvensional telah diberikan dalam bahagian kajian ini. Dalam aspek ini, jenis kaedah pengelasan dan perbezaan teknikal antara kaedah juga diperhatikan. Ia juga membincangkan bagaimana ciri-ciri sesuatu fitur boleh mempengaruhi hasil pengelasan serta menghasilkan "spectral signature"nya. Perbandingan kuantitatif juga dilaksanakan antara pelbagai kaedah pengelasan konvensional. Setelah pendedahan semua isu dalam bahagian ini, kajian seterusnya menekankan penilaian sistem pencerapan informasi guna tanah alternatif dan melihat apa bezanya dengan sistem pengelasan konvensional.