



Pemanfaatan Metode Multispektral untuk Identifikasi Litologi pada Eksplorasi Migas

Yudi Kuntoro¹⁾, Tri Mudji Susantoro¹⁾, Herru Lastiadi Setiawan¹⁾,
Nurus Firdaus¹⁾, Panuju¹⁾, dan Epo Prasetya Kusumah²⁾

¹Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS”
Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan 12230
²Universitas Pertamina
Jl. Teuku Nyak Arief, Simprug, Kebayoran Lama, Jakarta 12220

ABSTRAK

Artikel Info:

Naskah Diterima:
20 Januari 2020
Diterima setelah
perbaikan:
12 Maret 2020
Disetujui terbit:
30 April 2020

Kata Kunci:

multispektral
identifikasi litologi

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh tidak terjangkaunya beberapa titik penting pada saat melaksanakan survei geologi karena faktor topografi atau faktor lain. Titik penting itu berupa singkapan batuan, maupun rembesan migas. Penelitian ini mengusulkan penggunaan sensor multispektral yang dimobilisasi menggunakan *drone* untuk membantu menjangkau semua titik dan meningkatkan efektivitas dan efisiensi survei. Penelitian ini dibangun dari hipotesis bahwa setiap manifestasi geologi akan mempunyai spektrum yang unik. Kegiatan penelitian ini mencakup perekaman spektrum sampel batuan referensi dan perekaman di lapangan (daerah aliran sungai Cipamingkis, Kabupaten Bogor). Hasil perekaman menunjukkan sebanyak 12 dari 14 sampel batupasir menghasilkan kurva berbentuk seperti huruf M, di mana band-2 dan band-4 mempunyai nilai lebih tinggi dibanding band lain. Enam sampel batulempung menunjukkan spektrum dengan puncak reflektansi pada band-4. Empat sampel batugamping memberikan spektrum dengan puncak pada band-2. Dua sampel batuserpih membentuk kurva menyerupai batulempung, sedangkan dua sampel lainnya mempunyai kurva menurun dari band-1 ke band-5. Dua sampel batubara mempunyai bentuk spektrum identik. Terakhir, 5 dari 6 sampel batuan beku menghasilkan bentuk kurva dengan puncak tertinggi pada band-2 dan terendah pada band-4. Hasil perekaman batuan referensi menunjukkan konsistensi data hingga 87,5% dan dari kegiatan ini dapat disimpulkan bahwa metode multispektral dapat digunakan untuk mengidentifikasi manifestasi geologi.

© LPMGB - 2020

PENDAHULUAN

Hal yang melatarbelakangi penelitian ini adalah permasalahan pada kegiatan survei geologi, di mana sering didapati titik-titik penting yang tidak dapat dijangkau oleh para surveyor baik karena faktor topografi maupun sebab lain. Diperlukan peralatan survei untuk mengidentifikasi litologi permukaan yang mampu menjangkau titik-titik penting tersebut. Penelitian ini mengusulkan pemanfaatan metode

multispektral menggunakan sensor multispektral yang dimobilisasi dengan pesawat nirawak dron. Mobilitas dron dinilai dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas survei geologi. Metode multispektral telah banyak diaplikasikan menggunakan wahana satelit, di mana kelemahan dari citra satelit adalah mempunyai resolusi yang rendah.

Kegiatan pengukuran gelombang berdasarkan panjang gelombangnya disebut dengan spektroskopi, yaitu ilmu yang mempelajari materi dan atributnya berdasarkan gelombang yang dipancarkan, diserap atau dipantulkan oleh materi tersebut (Wiweka, 2006).

Korespondensi:

E-mail: arjadirana@gmail.com (Yudi Kuntoro)

Keluaran dari proses spektroskopi adalah spektrum, yaitu kurva hubungan antara reflektansi dengan panjang gelombang, di mana reflektansi adalah *radiance* yang dipantulkan oleh sebuah objek terhadap *radiance* yang diterima. Reflektansi merupakan respon permukaan sehingga spektroskopi mempunyai keterbatasan dalam menggali informasi bawah permukaan (Goetz, dkk., 1985).

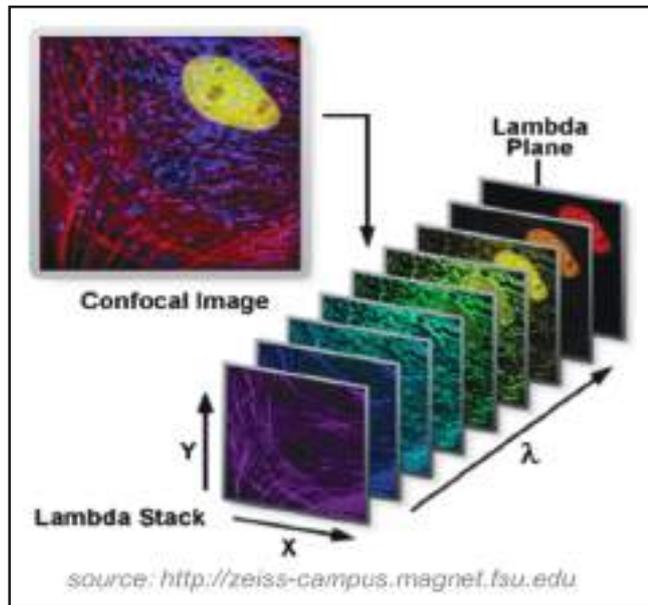
Perekaman multispektral dilakukan dengan cara mendeteksi spektrum gelombang untuk tiap-tiap panjang gelombang (λ) tertentu. Untuk mendapatkan data yang lengkap, perekaman dilakukan berulang pada panjang gelombang yang berbeda-beda. Setiap satu citra multispektral lengkap merupakan kumpulan dari *lambda plane*. Kumpulan ini disebut *lambda stack* (Gambar 1). Semakin banyak *lambda plane* maka akan semakin bagus kualitas data yang dimiliki.

Metode multispektral dicirikan dengan panjang gelombang yang diskrit, dengan interval tertentu. Umumnya data multispektral terdiri dari 4 hingga 10 *lambda plane* dengan interval panjang gelombang antar *plane* sekitar 50 nm - 200 nm. Istilah yang biasa digunakan untuk menunjukkan jumlah *lambda plane* adalah *band*.

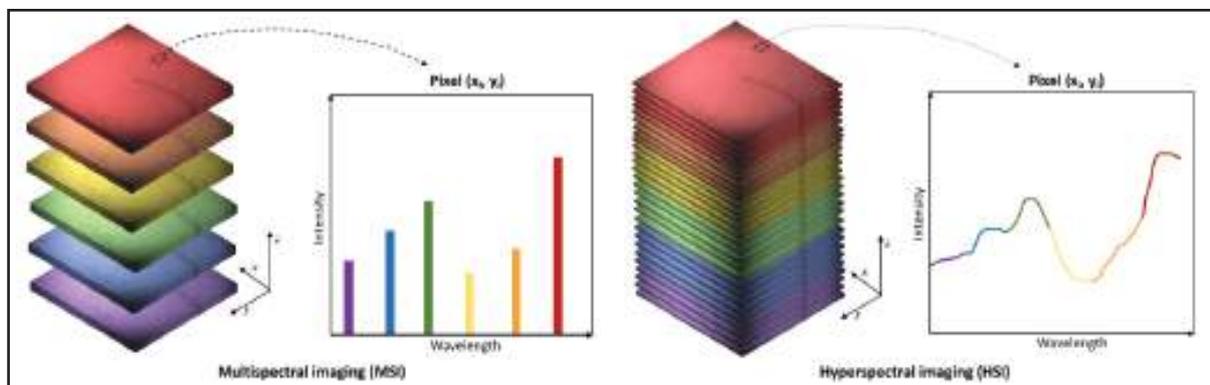
Jika interval antar panjang gelombang semakin rapat (mendekati kontinu), maka metode ini disebut dengan hiperspektral. Menurut Erick J.B (2002) interval panjang gelombang metode hiperspektral berada pada *range* 5 nm hingga 10 nm. Sehingga metode hiperspektral merupakan pilihan terbaik untuk menghasilkan citra yang kaya akan frekuensi.

Metode multispektral maupun hiperspektral biasa diaplikasikan untuk tiga keperluan: deteksi anomali, pengenalan target dan karakterisasi latar (Shaw & Burke, 2003).

Setiap batuan mempunyai struktur kimia yang spesifik sehingga mempunyai kurva respon spektrum yang juga spesifik atau *unique* terhadap objek lainnya. Referensi spektral batuan masih terbatas jumlahnya. Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi spektrum secara langsung dari berbagai jenis batuan yang tersedia di laboratorium Geologi LEMIGAS. Jika data hasil karakterisasi ini mempunyai konsistensi yang baik, maka data tersebut akan dapat dijadikan sebagai referensi pada interpretasi citra multispektral.



Gambar 1
Lambda stack pada metode multispektral.



Gambar 2
Perbedaan metode multispektral (kiri) dan hiperspektral (kanan).

BAHAN DAN METODE

Pengerjaan kegiatan penelitian ini dibagi dalam dua kegiatan yaitu perekaman spektrum batuan referensi yang dilakukan di laboratorium dan perekaman spektrum batuan lapangan yang dilakukan di daerah aliran Sungai Cipamingkis, Kabupaten Bogor (Jawa Barat). Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah kamera multispektral 5 band (*blue* 475nm, *green* 560nm, *red* 668nm, *red edge* 717nm dan *near infrared* 840 nm). Sedangkan bahan yang digunakan adalah sampel batuan yang terdiri dari 13 sampel batupasir, 6 batulempung, 4 batugamping, 4 batuserpih, 1 batu napal, 2 batubara, 7 batuan beku dan 1 batuan volkanoklastik/tuff.

Pola reflektansi dihasilkan dari interaksi antara sumber gelombang elektromagnetik (sinar matahari) dengan struktur molekuler objek (Plaza, dkk., 2006), sehingga pengambilan data dilakukan dengan kondisi sampel tersinari matahari. Sinar matahari adalah sumber gelombang elektromagnetik dengan kandungan panjang gelombang paling kaya di dunia. Pengambilan data dilakukan dengan skema seperti yang terlihat pada Gambar 3.

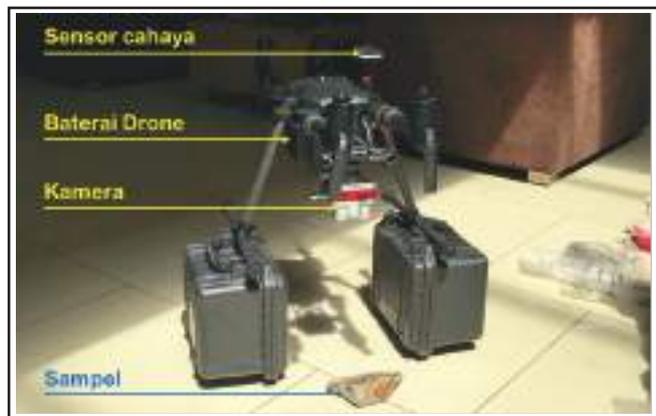
Data citra multispektral hasil perekaman kemudian dianalisis untuk mendapatkan kurva spektrum sampel batuan. Proses pembentukan kurva spektrum sampel batuan ditunjukkan pada Gambar 4.

Perekaman data lapangan dilakukan dengan menerbangkan drone pada ketinggian 100m dengan rute seperti ditampilkan pada Gambar 5.

HASIL DAN DISKUSI

Contoh spektrum dari masing-masing sampel jenis batuan ditunjukkan pada Gambar 6. Dari kurva tersebut mulai terlihat gambaran karakter spektrum dari tiap-tiap jenis batuan.

Hasil pengukuran reflektansi batupasir ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan nilai-nilai tersebut, diperoleh mayoritas kurva dari spektrum



Gambar 3
Skema perekaman citra multispektral.

Tabel 1
Nilai reflektansi sampel batupasir

Sampel	Kode	Lapangan	Reflektansi (%)					
			B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	rata ²
Pasir-1	-	-	22,0	26,7	22,0	23,5	11,0	21,0
Pasir-2	15DV - 24A	Mamberamo	44,3	52,2	46,3	47,8	42,4	46,6
Pasir-3	LKS-1	Jambi	33,7	39,6	35,3	40,0	40,0	37,7
Pasir-4	AGJ 03/1C	Mamberamo	31,4	31,4	29,0	28,2	25,9	29,2
Pasir-5	OC 137	Atambua	48,2	69,0	66,7	74,9	65,9	64,9
Pasir-6	CSS1	Jambi	47,1	50,6	48,2	49,0	47,8	48,5
Pasir-7	SM 6.3	Atambua	38,0	40,4	37,6	36,1	35,3	37,5
Pasir-8	OC139 MAF	Atambua	49,0	49,8	39,6	45,5	38,8	44,5
Pasir-9	AGJ 03/3	Mamberamo	29,0	31,8	30,6	31,4	27,5	30,0
Pasir-10	OC5 GP99	Atambua	64,3	66,3	65,9	67,8	65,9	66,0
Pasir-11	SM FC12	Atambua	38,0	40,8	34,9	36,9	32,5	36,6
Pasir-12	AGJ 02/3	Mamberamo	35,3	35,7	33,3	34,5	32,9	34,3
Pasir-13	GP375-376	Atambua	55,3	76,9	72,9	76,9	72,2	70,8
Pasir-14	UNT32	Jambi	27,8	36,5	31,8	40,8	37,3	34,8

batupasir berbentuk menyerupai huruf M, yang bernilai tinggi pada band-2 dan band-4, dan bernilai lebih rendah pada band lainnya ($B_1 < B_2 > B_3 < B_4 > B_5$).

Kurva spektrum batupasir tersaji pada Gambar 7. Dari perbandingan nilai reflektansi antar band pada batupasir, terdapat dua anomali yaitu sampel Pasir-4 dan Pasir-7 di mana reflektansi pada band-3 lebih tinggi dibanding band-4. Nilai rata-rata tertinggi dari kelima band dimiliki oleh sampel Pasir-13 sebesar 70,8% dan nilai terendah adalah 21% dimiliki oleh sampel Pasir-1.

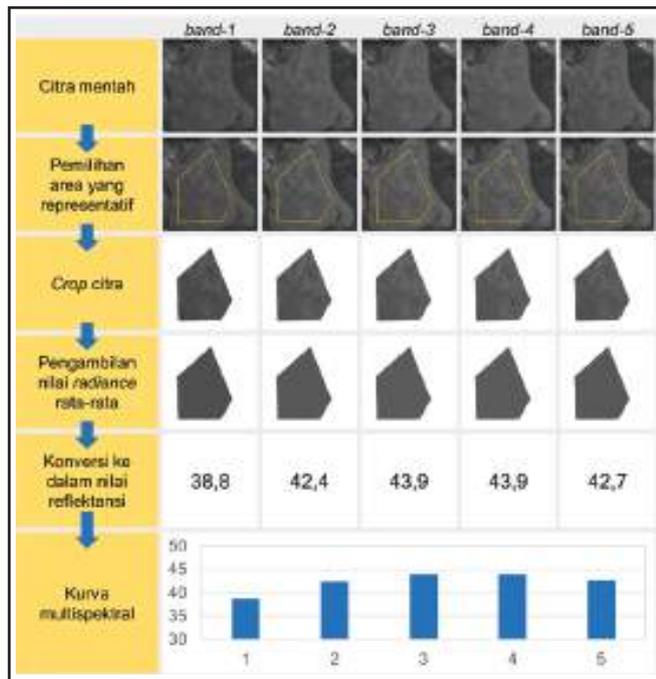
Nilai rata-rata dari kelima band sampel batupasir berasosiasi dengan warna sampel tersebut secara fisik. Dengan komposisi partikel penyusun yang sama, semakin gelap warna impuritas sampel batupasir maka akan semakin rendah nilai rata-rata reflektansi sampel tersebut. Sebaliknya, semakin terang warna sampel maka akan semakin tinggi nilai reflektansinya.

Tabel 2 menunjukkan nilai reflektansi hasil perekaman enam sampel batulempung. Dari tabel tersebut diperoleh kurva spektrum dari semua sampel batulempung mempunyai puncak nilai reflektansi pada band-4. Menuju ke *band-1* nilainya akan semakin menurun.

Kurva spektrum batulempung ditunjukkan pada Gambar 8. Dari perbandingan nilai reflektansi antar band dapat kita rumuskan hubungan antar band batulempung adalah $B_1 < B_2 < B_3 < B_4 > B_5$. Dari keenam sampel, anomali terjadi pada perbandingan band-3 dan band-5 pada sampel Lempung-3 di mana nilai pada kedua band ini sama.

Dari hasil pengamatan, nilai rata-rata dari kelima *band* pada batulempung juga menunjukkan adanya asosiasi dengan warna fisik dari sampel batuan. Sampel Lempung-3 adalah yang paling gelap (17,9%) dan sampel Lempung-6 yang paling terang (73,8%).

Nilai reflektansi hasil perekaman lima sampel batugamping ditunjukkan pada Tabel 3. Nilai-nilai ini menghasilkan bentuk kurva yang rata-rata mempunyai puncak pada *band-2* dan nilainya menurun ke arah *band-5*, sehingga karakternya seperti kurva batulempung yang terbalik.

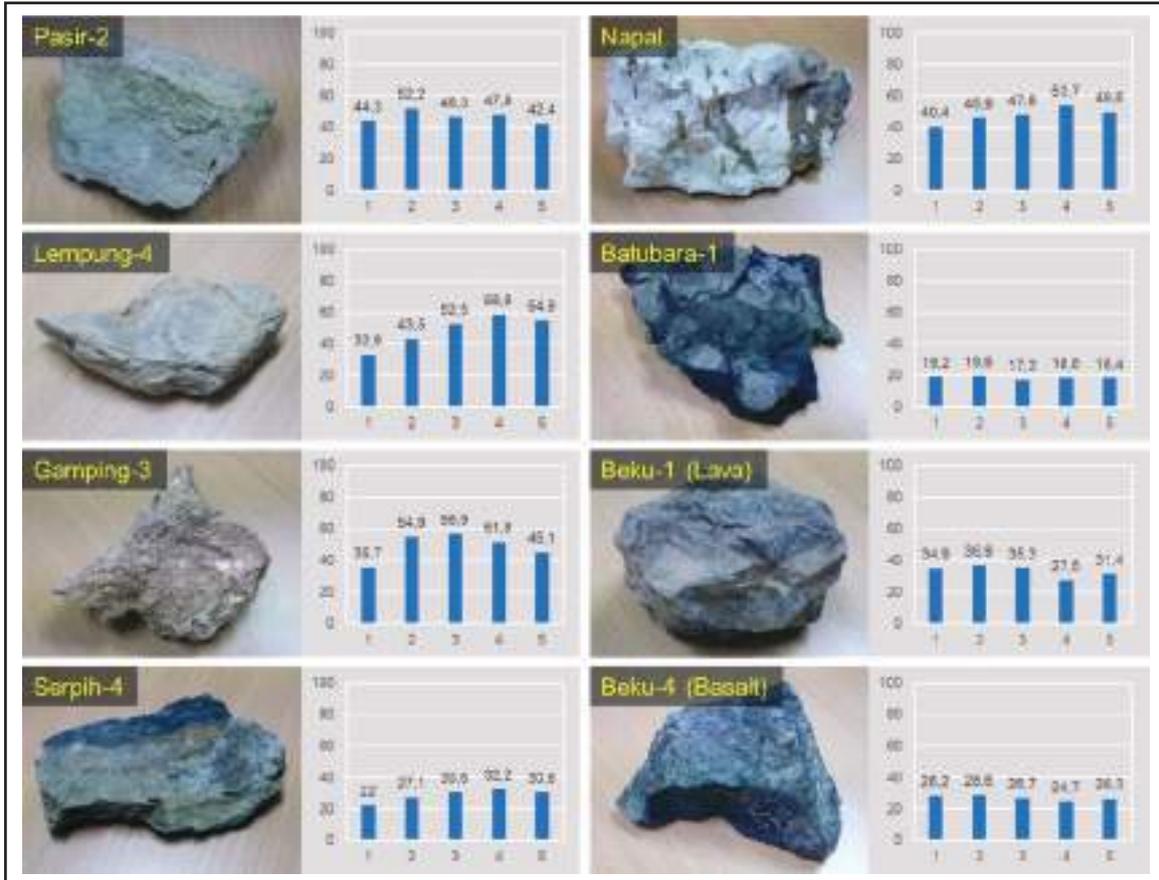


Gambar 4
Proses pembentukan kurva spektrum dari data mentah.

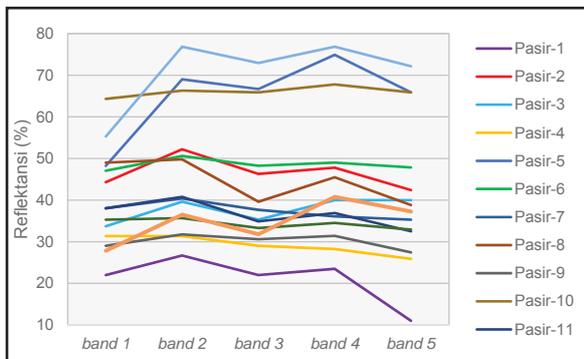


Gambar 5
Rute penerbangan dron.

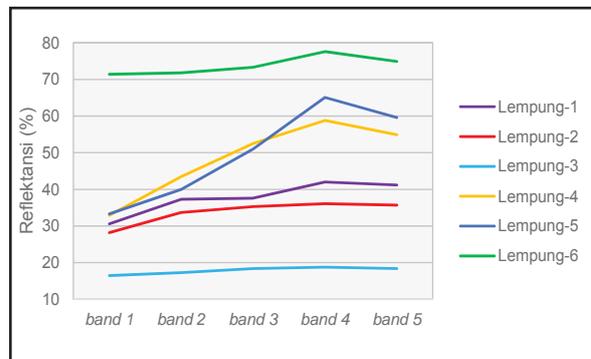
Anomali terjadi pada sampel Gamping-3 di mana nilai puncaknya berada pada *band-3* seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Dari perbandingan nilai reflektansi pada kelima sampel ini maka dapat kita



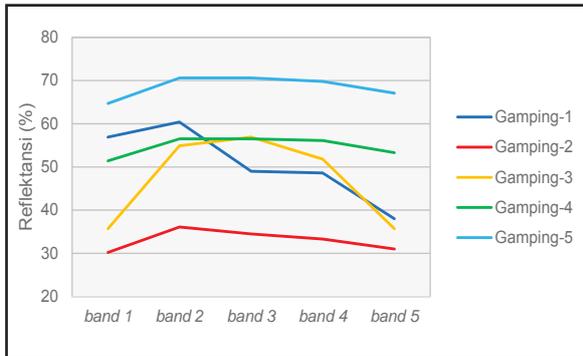
Gambar 6
Contoh hasil perekaman spektrum tiap jenis sampel batuan.



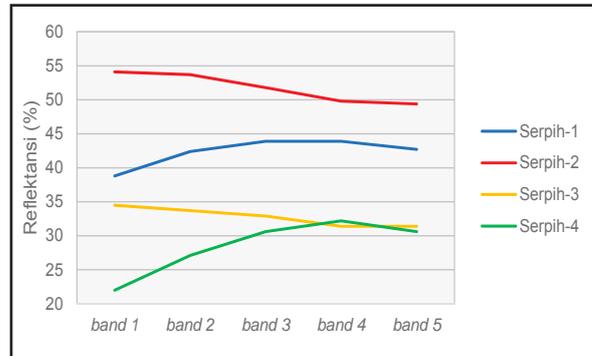
Gambar 7
Kurva multispektral sampel batupasir.



Gambar 8
Kurva multispektral sampel batulempung.



Gambar 9
Kurva multispektral sampel batugamping.



Gambar 10
Kurva multispektral sampel batuserpih.

rumuskan hubungan antar *band* dari batugamping adalah $B_1 < B_2 > B_3 > B_4 > B_5$.

Batuserpilh adalah batu sedimen klastik berbutir halus yang terdiri dari lumpur yang merupakan campuran dari serpihan mineral-mineral lempung dan fragmen-fragmen partikel berukuran lanau dari mineral lainnya, terutama kuarsa dan kalsit. Nilai reflektansi hasil perekaman spektrum keempat sampel batuserpilh ditunjukkan pada Tabel 4.

Hasil plot spektrum sampel batuserpilh menunjukkan terbentuknya dua buah bentuk kurva. Spektrum sampel Serpilh-1 identik dengan spektrum sampel Serpilh-4 berupa kurva yang menyerupai karakter batulempung, sedangkan spektrum sampel

Serpilh-2 yang identik dengan spektrum sampel Serpilh-3 mempunyai bentuk kurva yang menurun dari *band*-1 menuju *band*-5. Bentuk kurva keempat sampel batuserpilh ditampilkan pada Gambar 10.

Perbedaan bentuk kurva tersebut diprediksi terjadi karena faktor materi penyusun sampel Serpilh-1 dan Serpilh-4 yang mempunyai porsi batulempung lebih dominan dibanding materi lainnya. Perbedaan ini dapat dianalisis lebih lanjut dengan mengkarakterisasi lebih banyak sampel batuserpilh secara lebih rinci dengan memperhatikan kadar batulempung yang terdapat di dalam batuserpilh.

Batubara (*coal*) adalah batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik utamanya

Tabel 2
Nilai reflektansi sampel batulempung

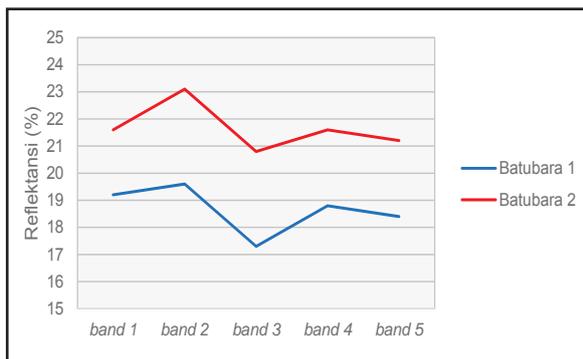
Sampel	Kode	Lapangan	Reflektansi (%)					rata ²
			B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	
Lempung-1	15DV - 25E	Mamberamo	30,6	37,3	37,6	42,0	41,2	37,7
Lempung-2	UNT28	Jambi	28,2	33,7	35,3	36,1	35,7	33,8
Lempung-3	PBH11	Jambi	16,5	17,3	18,4	18,8	18,4	17,9
Lempung-4	PBH 018	Jambi	32,9	43,5	52,5	58,8	54,9	48,5
Lempung-5	ST 1-01	Jambi	33,3	40,0	51,0	65,1	59,6	49,8
Lempung-6	SM3-12	Atambua	71,4	71,8	73,3	77,6	74,9	73,8

Tabel 3
Nilai reflektansi sampel batugamping

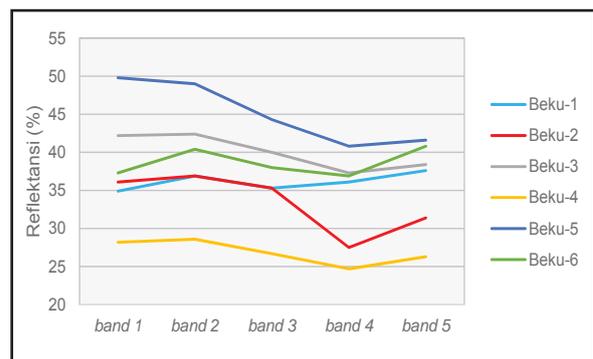
Sampel	Kode	Lapangan	Reflektansi (%)					rata ²
			B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	
Gamping-1	-	-	56,9	60,4	49,0	48,6	38,0	50,6
Gamping-2	OC22	Atambua	30,2	36,1	34,5	33,3	31,0	33,0
Gamping-3	OC2 GP68	Atambua	35,7	54,9	56,9	51,8	45,1	48,9
Gamping-4	OC6	Atambua	51,4	56,5	56,5	56,1	53,3	54,8
Gamping-5	OC9	Atambua	64,7	70,6	70,6	69,8	67,1	68,6

Tabel 4
Nilai reflektansi sampel batuserpilh

Sampel	Kode	Lapangan	Reflektansi (%)					rata ²
			B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	
Serpilh-1	15DV - 25G	Mamberamo	38,8	42,4	43,9	43,9	42,7	42,4
Serpilh-2	SM FC2	Atambua	54,1	53,7	51,8	49,8	49,4	51,8
Serpilh-3	15DV 21A	Mamberamo	34,5	33,7	32,9	31,4	31,4	32,8
Serpilh-4	PBH22	Jambi	22,0	27,1	30,6	32,2	30,6	28,5



Gambar 11
Kurva multispektral sampel batubara.



Gambar 12
Kurva multispektral sampel batuan beku.

adalah sisa-sisa tumbuhan. Unsur-unsur utamanya terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen. Perekaman spektrum dua sampel batubara memberikan nilai reflektansi seperti ditampilkan pada Tabel 5.

Bentuk kurva spektrum sampel batubara ditunjukkan pada Gambar 11. Dari kurva tersebut terlihat jelas bahwa kedua sampel mempunyai spektrum yang identik. Kurva ini membentuk pola menyerupai huruf M seperti yang terjadi pada batupasir. Perbedaannya, perbandingan nilai antar band pada spektrum batubara relatif lebih seragam membentuk pola $B2 > B1 > B4 > B3 > B5$. Selain itu nilai rata-rata batubara lebih rendah diakibatkan warna fisiknya yang relatif lebih gelap dibanding batupasir.

Enam sampel batuan beku menghasilkan nilai reflektansi seperti terlihat pada Tabel 6. Sampel batuan beku menghasilkan kurva spektrum dengan puncak tertinggi pada band-2 dan terendah pada band-4.

Bentuk kurva spektrum batuan beku ditampilkan pada Gambar 12. Dari kurva tersebut, anomali terlihat pada sampel Beku-1 di mana nilai pada band-3 lebih rendah dibanding band-4.

Dari hasil analisis data hasil perekaman spektrum sampel batuan referensi, secara global berdasarkan pola kurva spektrum yang terbentuk mempunyai karakter sebagai berikut:

- Mayoritas (87,5%) jenis batuan mempunyai konsistensi bentuk kurva spektrum.
- Nilai rata-rata dari kelima *band* berkorelasi dengan warna batuan secara fisik yang dipengaruhi oleh materi penyusun batuan tersebut. Semakin gelap warna batuan maka akan semakin rendah nilai reflektansinya.

- 5 dari 40 sampel (12,5%) yang masih memberikan nilai reflektansi yang inkonsisten perlu dikaji lebih lanjut dengan klasifikasi yang lebih rinci, misal dilakukan pembedaan antara batuan *tight* dengan batuan *porous*.

Kegiatan uji lapangan telah dilakukan di daerah aliran Sungai Cipamingkis, Kabupaten Bogor seperti terlihat pada Gambar 13. Di lokasi tersebut singkapan berada di sepanjang aliran sungai.

Lokasi ini didominasi oleh batuan karbonat dengan sisipan batulempung segar dan juga tersingkap batupasir di beberapa titik. Singkapan ini memperlihatkan bidang-bidang perlapisan yang dapat terobservasi dengan jelas. Secara umum lapisan batuan menerus namun ada beberapa lapisan yang menghilang secara lateral karena penipisan lapisan batuan dan pada bagian paling tebal menunjukkan *u-shape geometry*. Batuan diendapkan pada lingkungan pengendapan laut dangkal, dicirikan dengan adanya litologi batugamping *bindstone* yang terdiri atas fosil-fosil alga merah berlapis, dan *large benthic foraminifera*. Selain itu juga terdapat batupasir dengan struktur gelembur gelombang (*ripple mark*).

Gambar 14 menunjukkan peta ortomosaik untuk tiap-tiap band. Peta elevasi (*Digital Elevation Model*), ortomosaik RGB dan *point cloud* secara berurutan ditunjukkan pada Gambar 15 hingga Gambar 17.

Point cloud adalah set data yang terdiri dari sejumlah titik dalam sebuah ruangan yang menghasilkan sebuah bentuk 3 dimensi. Setiap piksel pada peta ortomosaik akan diangkat posisinya (sumbu z) sesuai dengan informasi elevasi dari piksel tersebut berdasarkan peta DEM. Selain

Tabel 5
Nilai reflektansi sampel batubara

Sampel	Kode	Lapangan	Reflektansi (%)					
			B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	rata ²
Batubara-1	AGJ 06/1	Mamberamo	19,2	19,6	17,3	18,8	18,4	18,7
Batubara-2	15DV 25C	Mamberamo	21,6	23,1	20,8	21,6	21,2	21,7

Tabel 6
Nilai reflektansi sampel batuan beku

Sampel	Kode	Lapangan	Reflektansi (%)					
			B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	rata ²
Beku-1	SMU5	Atambua	34,9	36,9	35,3	36,1	37,6	36,2
Beku-2	OC07	Atambua	36,1	36,9	35,3	27,5	31,4	33,4
Beku-3	OC15/KFT	Atambua	42,4	42,4	40,0	37,3	38,4	40,1
Beku-4	OC102 BMT	Atambua	28,2	28,6	26,7	24,7	26,3	26,9
Beku-5	SMU2	Atambua	49,8	49,0	44,3	40,8	41,6	45,1
Beku-6	OC20 KFT	Atambua	37,3	40,4	38,0	36,9	40,8	38,7

untuk merepresentasikan bentuk permukaan bumi yang terekam, peta *point cloud* bermanfaat untuk memprediksi orientasi (*strike* dan *dip*) dari sebuah bidang permukaan.

Pengolahan dan interpretasi data multispektral meliputi pemetaan distribusi objek baik batuan maupun non-batuan yang dilanjutkan dengan penggabungan peta-peta distribusi objek tersebut. Peta distribusi objek dibangkitkan dari persamaan matematis yang diterapkan pada data citra dari *band* yang tersedia. Objek bangunan dapat diidentifikasi berdasarkan karakter atap dari bangunan tersebut. Kebanyakan jenis atap yang digunakan di Indonesia adalah genteng dengan warna cokelat yang menyala. Karakter tersebut dapat dipetakan dengan membangkitkan citra baru menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{B_1 + B_2}{B_1 + B_3}$$

di mana B_n adalah nilai reflektansi pada band ke-n. Dengan range nilai antara 0 hingga 1, bangunan dapat diidentifikasi dengan *threshold* 0,5. Nilai di bawah *threshold* diinterpretasi sebagai bangunan, sedangkan nilai di atas *threshold* sebagai objek bukan bangunan. Nilai ini diambil dari pengambilan warna rata-rata dari 405 percontohan atap bangunan di Indonesia. Penerapan parameter tersebut akan menghasilkan peta seperti terlihat pada Gambar 18.

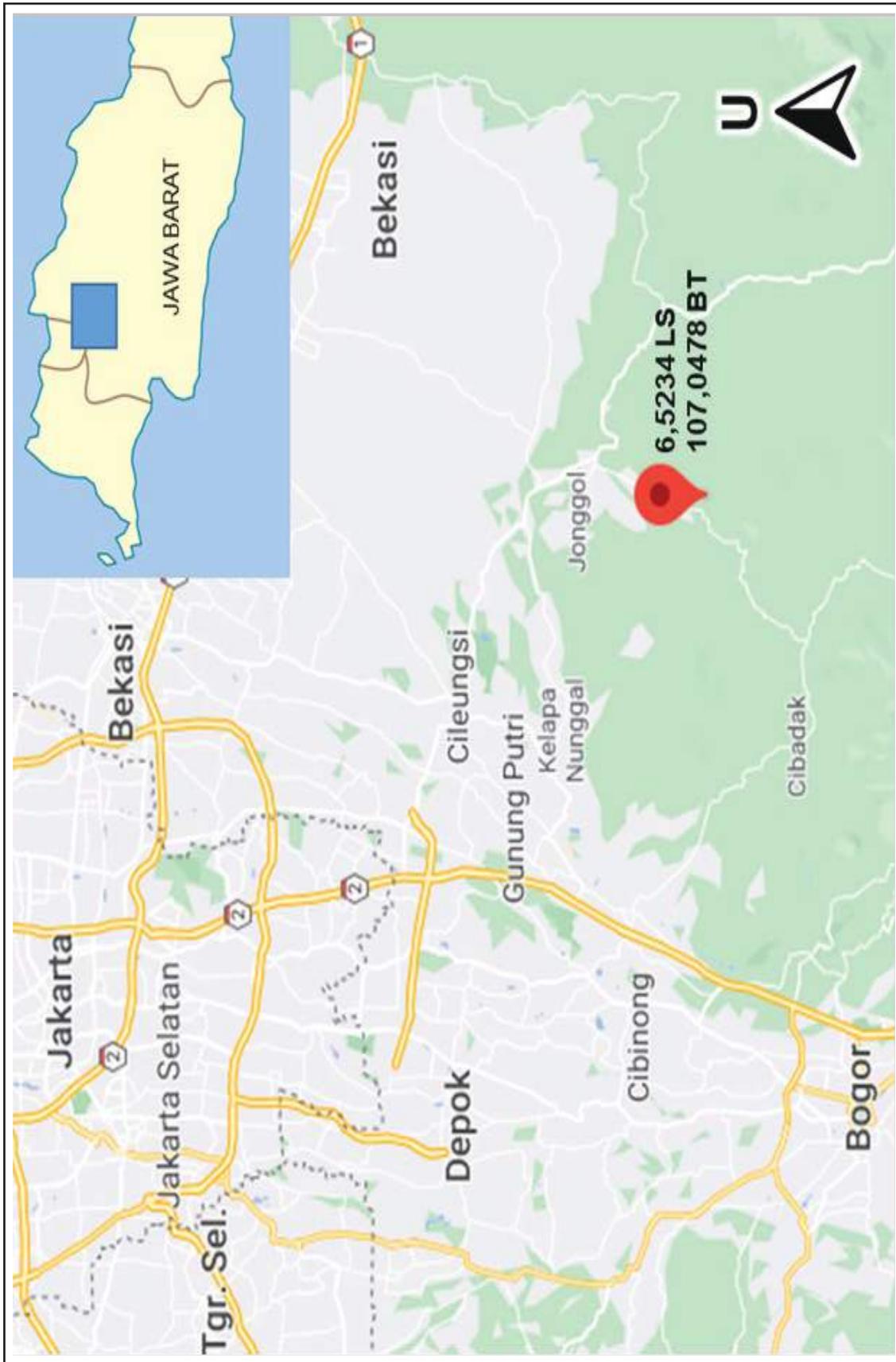
Metode yang umum digunakan pada identifikasi vegetasi adalah pemetaan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). NDVI biasa digunakan untuk memetakan tanaman sehat dan tanaman tidak sehat di bidang pertanian dan kehutanan. NDVI mempunyai persamaan sebagai berikut:

$$\frac{B_5 - B_3}{B_5 + B_3}$$

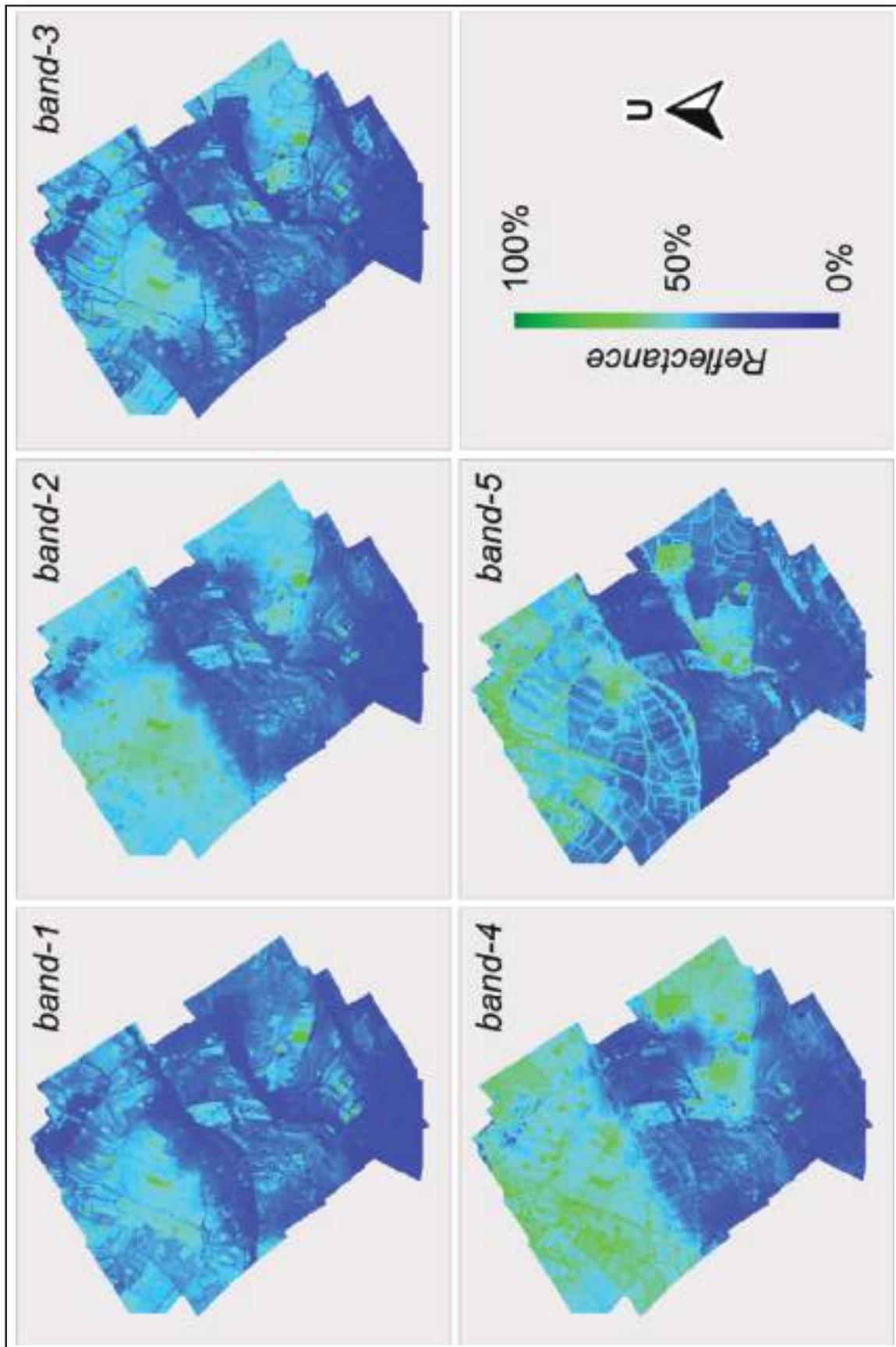
dengan range nilai antara -1 hingga 1. Untuk membedakan antara tanaman dan bukan tanaman digunakan *threshold* 0,2. Nilai di atas *threshold* diinterpretasikan sebagai tanaman, sedangkan di bawah *threshold* sebagai objek mati (Hashim, dkk., 2019). Parameter NDVI di atas jika kita aplikasikan pada peta ortomosaik akan menghasilkan peta sebaran vegetasi seperti yang ditampilkan pada Gambar 19.

Walaupun mempunyai sifat fisis transparan, air mempunyai respon tersendiri terhadap gelombang elektromagnetik, sehingga pada ketebalan tertentu objek di bawah air akan memberikan respon spektral yang berbeda dibandingkan pada saat tidak tertutup air. Ketebalan (kedalaman) tubuh air dapat diidentifikasi menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{B_5}{B_3}$$



Gambar 13
Lokasi perekaman citra multispektral di lapangan.



Gambar 14
Peta ortomosaik per band hasil perekaman lapangan.

Dengan *threshold* 0,5. Nilai di bawah *threshold* diinterpretasi mempunyai kandungan air. Semakin mendekati 0 maka menunjukkan meningkatnya ketebalan air. Nilai di atas *threshold* menunjukkan objek kering.

Batuan karbonat dapat dipetakan menggunakan persamaan sebagai berikut:

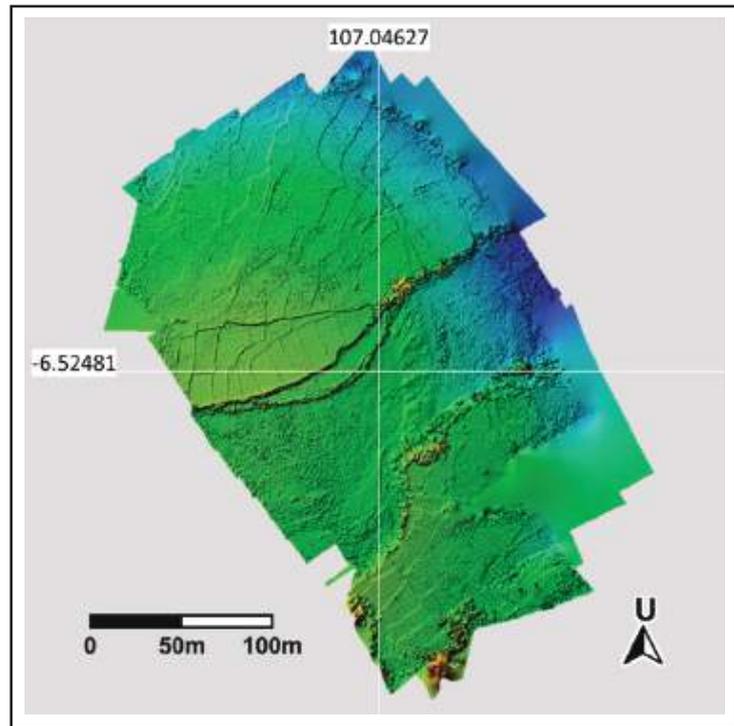
$$\frac{B_3 - B_2}{B_4 + B_5}$$

Dengan *range* -1 hingga 1 batuan karbonat mempunyai *threshold* 0. Nilai di atas *threshold* menunjukkan batuan karbonat sedangkan nilai di bawah *threshold* menunjukkan objek non-karbonat. Sebagian dari nilai ini mengalami *overlap* dengan nilai pada *soil* sehingga diperlukan parameter lain untuk membedakan antara batuan karbonat dengan *soil*, contohnya menggunakan analisis *soil organic carbon* (SOC) atau menggunakan distribusi NDVI di mana *soil* mempunyai indeks lebih kecil dibanding batuan karbonat.

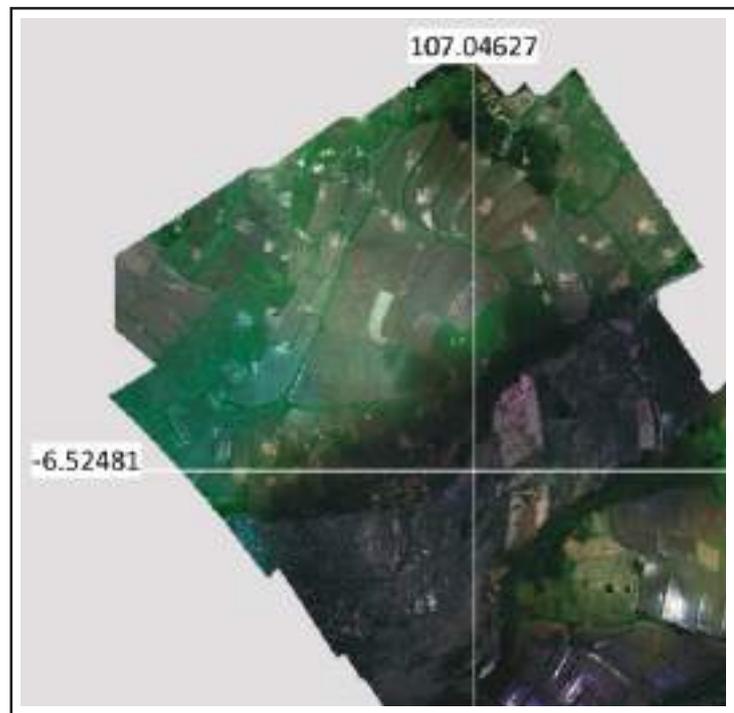
Dari peta-peta distribusi objek tersebut kita dapat melakukan interpretasi secara bertahap. Tahap pertama adalah memetakan distribusi bangunan seperti yang terlihat pada Gambar 22.

Tahap selanjutnya adalah memetakan distribusi vegetasi berdasar peta NDVI. Pada peta NDVI tidak semua area pertanian (sawah) mempunyai nilai NDVI di atas 0,2. Namun dengan bantuan peta ortomosaik RGB kita dapat mengidentifikasi area tersebut sebagai area pertanian sehingga kita dapat menginterpretasikannya sebagai vegetasi sebagaimana ditampilkan pada Gambar 23.

Interpretasi tahap ketiga dilakukan dengan memetakan distribusi air

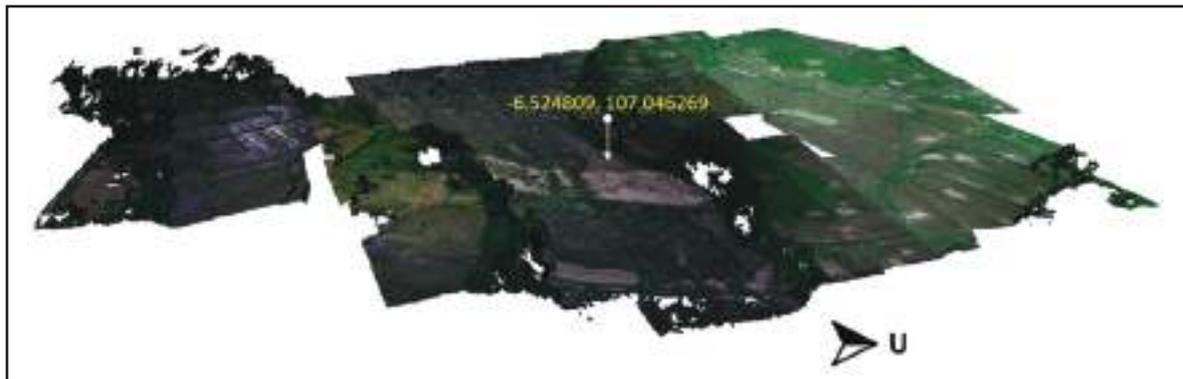


Gambar 15
Peta elevasi (DEM) hasil pengolahan data lapangan.

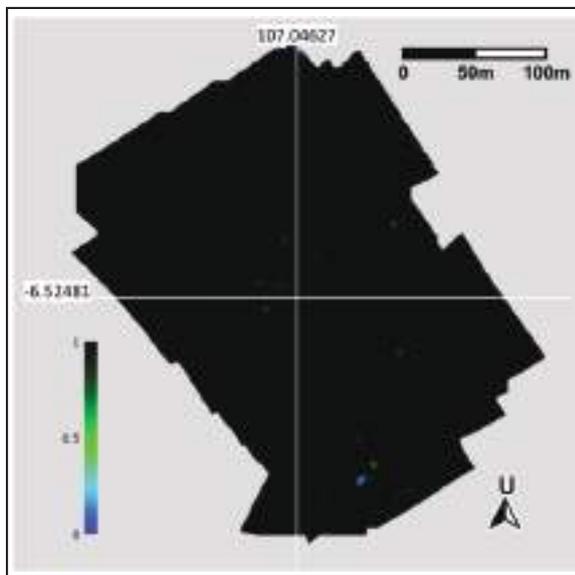


Gambar 16
Peta ortomosaik RGB hasil pengolahan data.

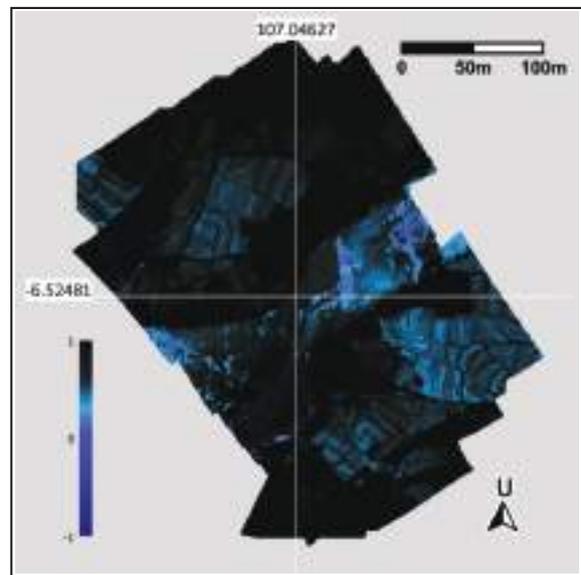
seperti terlihat pada Gambar 24. Area dengan indeks mendekati *threshold* (warna biru tipis) yang menunjukkan air dengan kedalaman dangkal masih dapat diolah menggunakan persamaan lain untuk diinterpretasi sebagai objek bukan air.



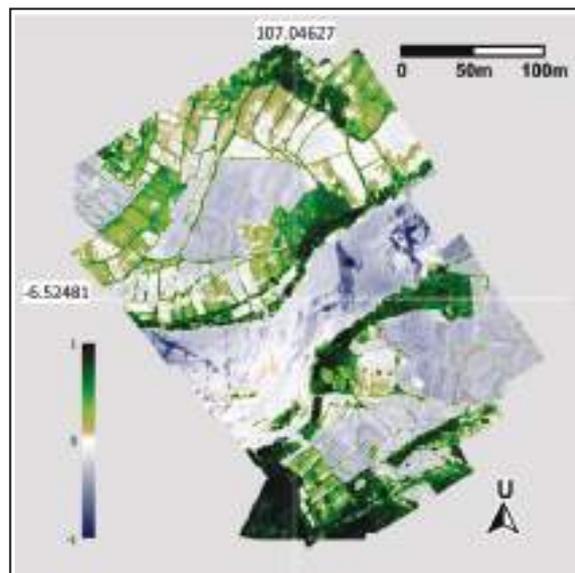
Gambar 17
Peta *point cloud* hasil pengolahan data.



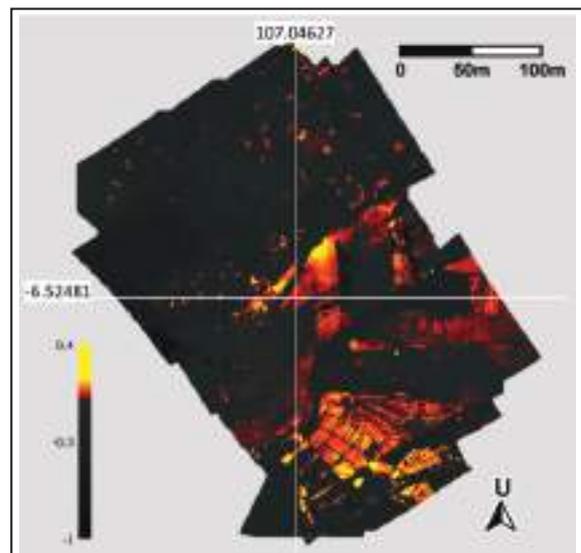
Gambar 18
Identifikasi bangunan dari citra multispektral.



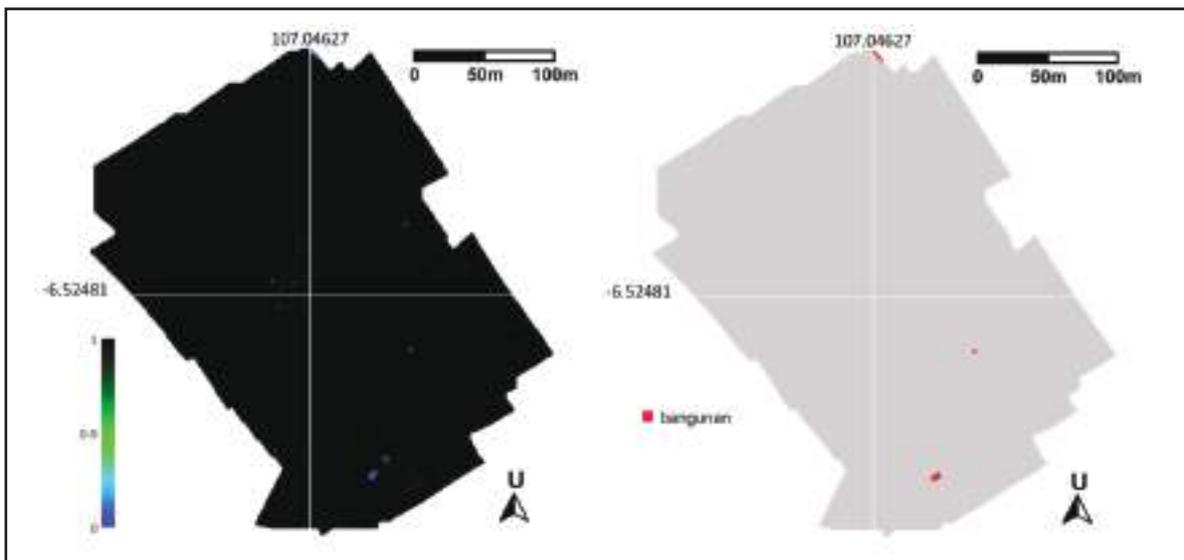
Gambar 20
Identifikasi air pada citra multispektral.



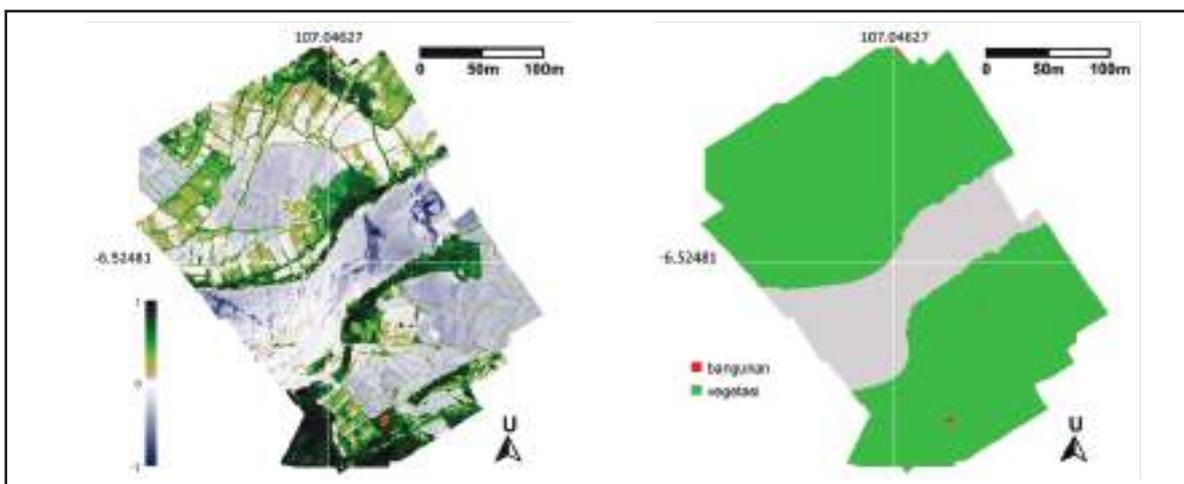
Gambar 19
Identifikasi vegetasi pada citra multispektral.



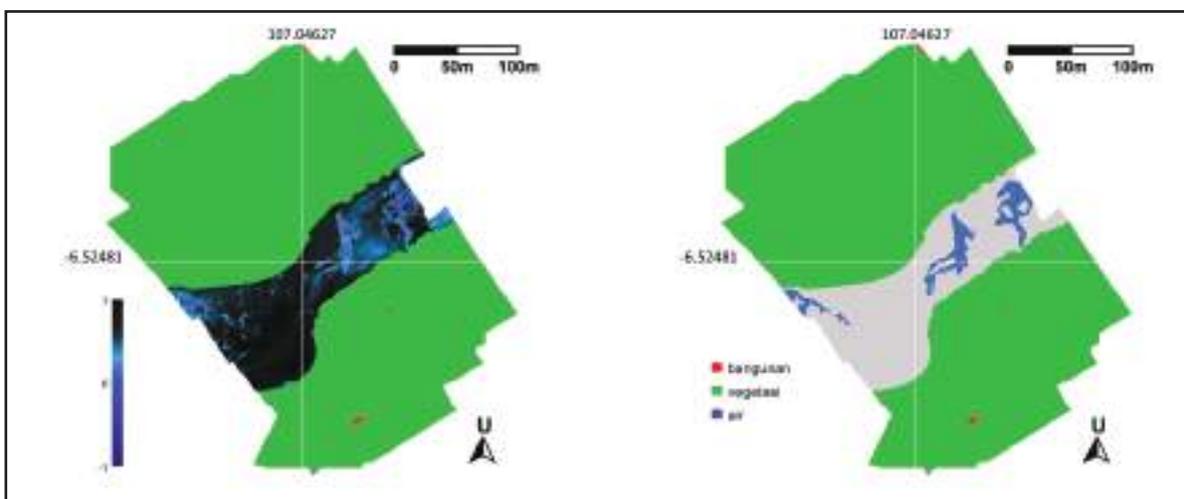
Gambar 21
Identifikasi batuan karbonat
pada citra multispektral.



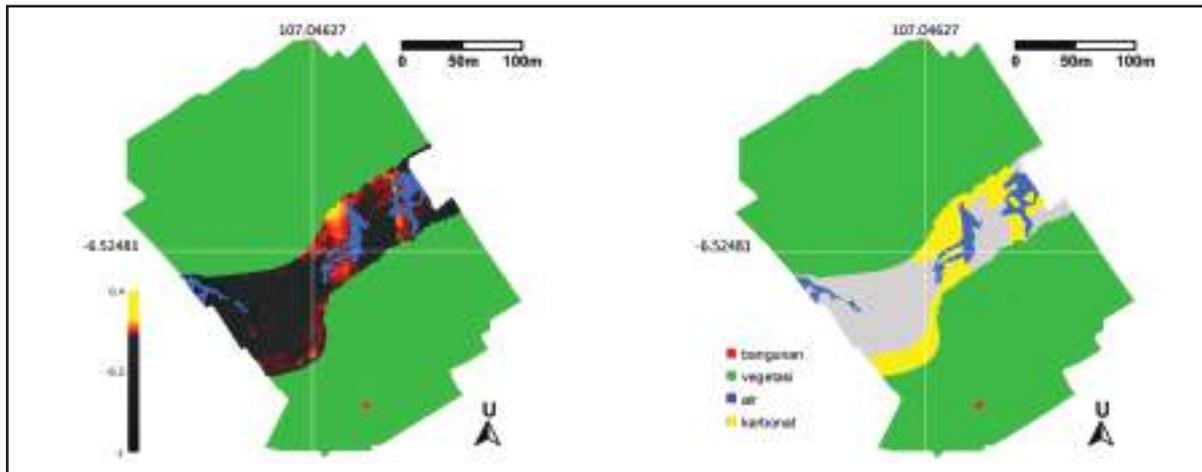
Gambar 22
Interpretasi tahap 1, distribusi bangunan.



Gambar 23
Interpretasi tahap 2, distribusi vegetasi.



Gambar 24
Interpretasi tahap 3, distribusi air.



Gambar 25
Interpretasi tahap 4, distribusi batuan karbonat.

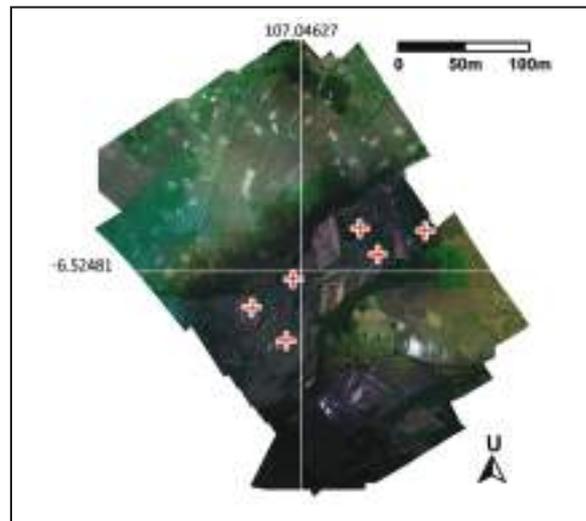
Tahap selanjutnya adalah pemetaan batuan karbonat seperti ditunjukkan pada Gambar 25. Batuan karbonat pada daerah tersebut mempunyai sisipan batulempung dengan ketebalan di bawah nilai *Ground Sample Distance* (GSD) dari citra multispektral sehingga sisipan tidak dapat terdeteksi (kurang dari 1 piksel).

Interpretasi menyisakan satu jenis litologi yaitu batupasir. Untuk memkonfirmasi distribusi batupasir digunakan metode pengecekan spektrum pada beberapa titik sampel. Pengambilan data spektrum dilakukan pada enam titik seperti yang terlihat pada Gambar 26.

Spektrum dari keenam titik sampel ditunjukkan pada Gambar 27. Pola tersebut menunjukkan bahwa spektrum pada keenam sampel identik dengan spektrum batupasir kasar hitam dengan ciri kelima *band* mempunyai kurva reflektansi yang membentuk huruf M. Dengan demikian area tersebut dapat diinterpretasikan sebagai batupasir hitam.

Batupasir mempunyai cakupan spektrum yang sangat luas sehingga tidak dapat diselesaikan dengan satu persamaan sederhana. Diperlukan *library* spektrum batupasir yang lebih variatif berdasarkan mineral penyusunnya. Hasil interpretasi akhir dari data multispektral pada misi 1 di lokasi 1 ditampilkan pada Gambar 28.

Orientasi litologi direpresentasikan dengan dua variabel sudut yaitu *strike* dan *dip*. *Strike* menyatakan perpotongan bidang yang diamati terhadap bidang datar, sedangkan *dip* menyatakan kemiringan dari bidang yang diamati. *Strike* dan *dip* dapat diilustrasikan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 29.

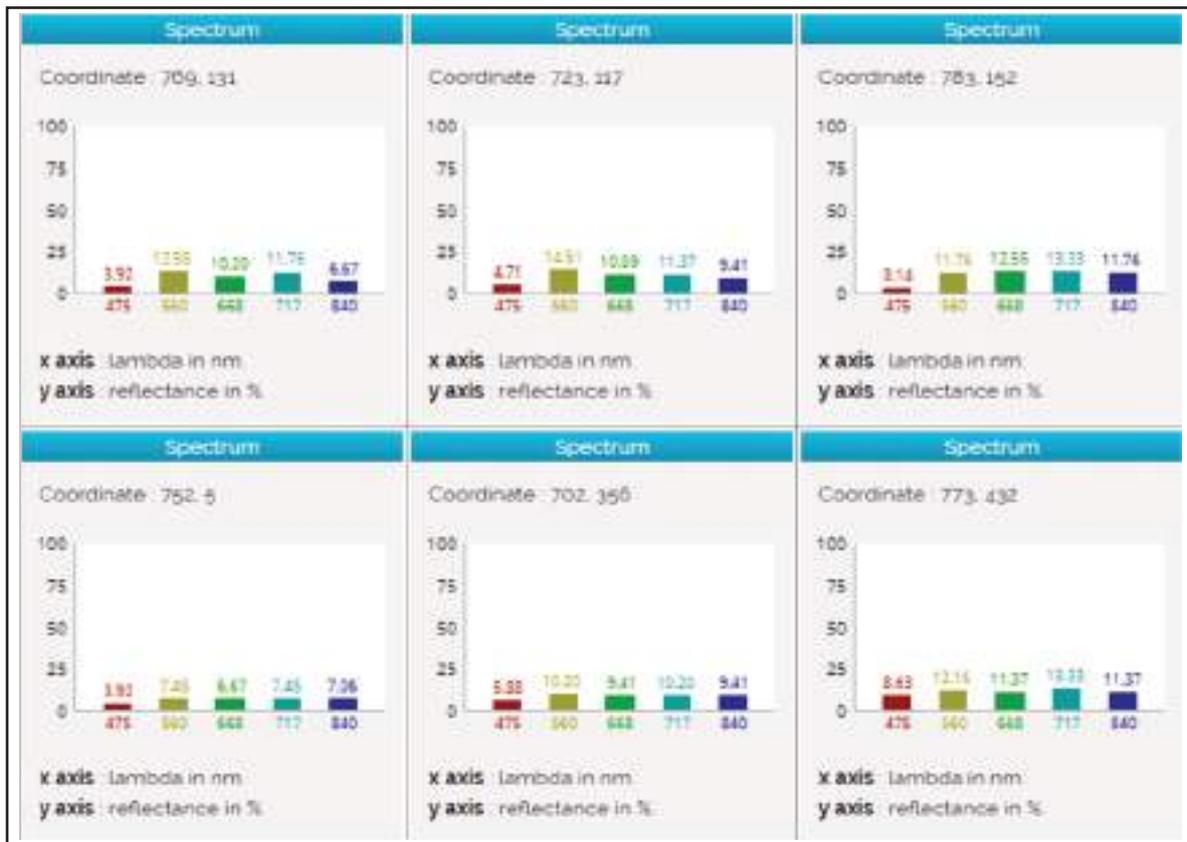


Gambar 26
Titik pengambilan sampel spektrum (ditunjukkan oleh tanda +).

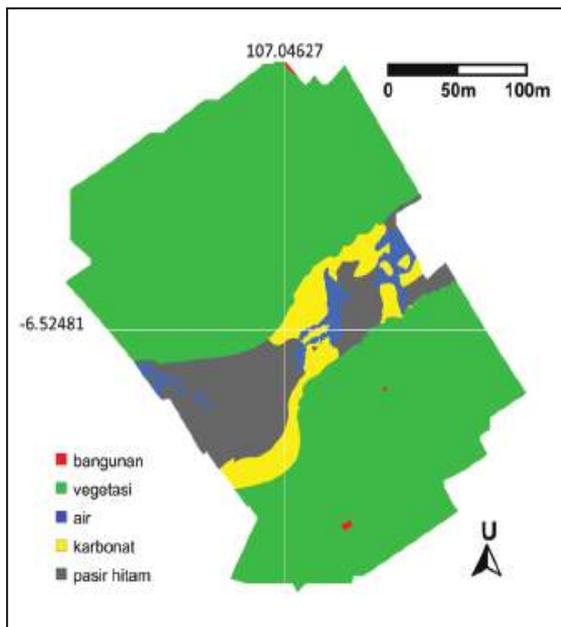
Untuk menghitung *strike* dan *dip* dari peta yang dibangun dari citra multispektral, diperlukan informasi proyeksi kemiringan sebuah area terhadap bidang tegak arah utara-selatan dan bidang tegak arah barat-timur. Informasi ini dapat diperoleh dari *point cloud*. Sebagai contoh, pengukuran *strike* dan *dip* pada suatu titik yang ditunjukkan pada Gambar 30.

Dengan membuat irisan arah utara-selatan dan arah barat-timur untuk titik tersebut pada peta *point cloud*, maka akan diperoleh penampang proyeksi dari bidang yang diamati seperti yang terlihat pada Gambar 31. Dari penampang-penampang tersebut kita dapat mengukur kemiringan proyeksi bidang.

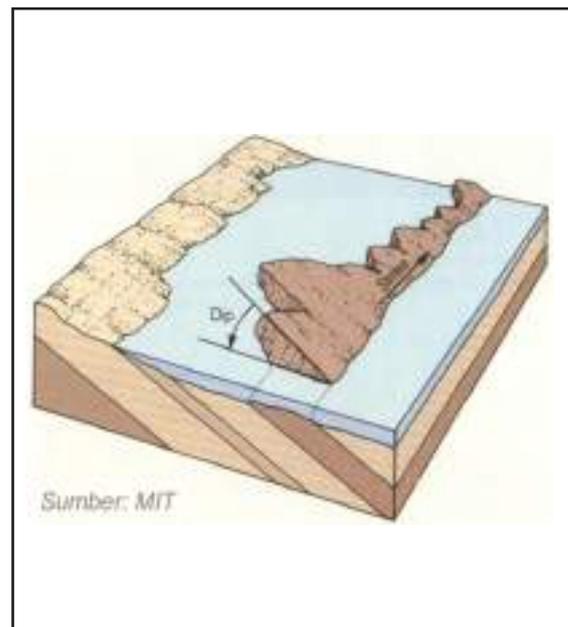
Proyeksi di atas memberikan nilai sudut proyeksi 3° dan 19° . Perhitungan *strike* dan *dip* dilakukan



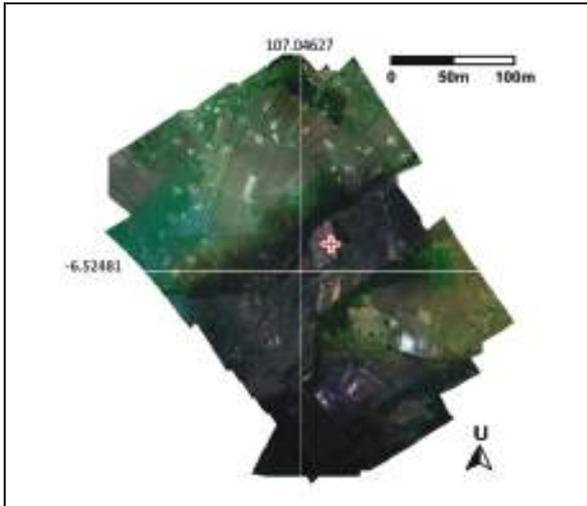
Gambar 27
Spektrum dari 6 titik sampel pada data misi 1 di lokasi 1.



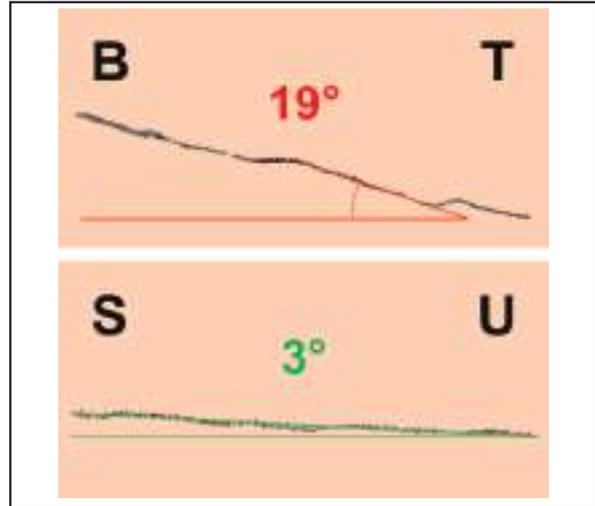
Gambar 28
Interpretasi akhir data multispektral.



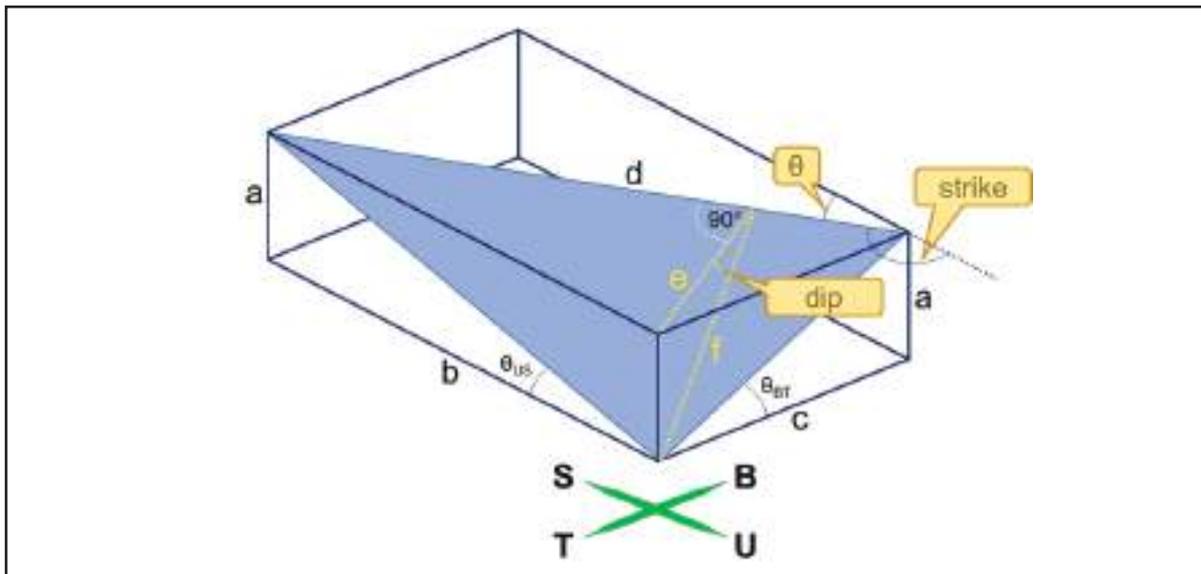
Gambar 29
Ilustrasi orientasi litologi (*strike* dan *dip*).



Gambar 30
Titik perhitungan strike dan *dip*
(ditunjukkan oleh tanda +).



Gambar 31
Proyeksi perlapisan batuan
terhadap bidang tegak BT dan US.



Gambar 32
Perumusan *strike* dan *dip* berdasarkan proyeksi perlapisan batuan terhadap bidang tegak.



Gambar 33
Lokasi pengukuran dan pengambilan titik ukur *dip-strike*.

menggunakan kombinasi persamaan Pythagoras dan trigonometri menggunakan kedua variabel sudut tersebut berdasarkan ilustrasi pada Gambar 32.

Berdasarkan ilustrasi pada Gambar 32, maka *strike* dan *dip* dapat dirumuskan sebagai:

$$strike = 180^\circ - \cos^{-1}\left(\frac{1}{\theta_{BT} \tan \theta_{US}}\right)$$

$$dip = \tan^{-1} \frac{\tan \theta_{US}}{\sin(180^\circ - strike)}$$

Dengan memasukkan nilai $\theta_{BT} = 19^\circ$ dan $\theta_{US} = 3^\circ$ maka diperoleh nilai *strike dip* 171,3° 18,5° arah timur laut (NE). Pengukuran *strike dip* secara manual menghasilkan nilai yang sama. Lokasi pengambilan titik ukur tersaji pada Gambar 33.

KESIMPULAN DAN SARAN

Setidaknya terdapat dua kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini. Pertama, hasil perekaman dan analisis sampel batuan memberikan konsistensi pola yang dapat menjadi referensi atau acuan dalam identifikasi litologi. Berdasarkan hasil perekaman spektrum batuan referensi di laboratorium, 35 dari 40 (87,5%) sampel batuan mempunyai konsistensi bentuk spektrum, sedangkan 5 sampel lainnya masih menunjukkan hasil yang inkonsisten. Inkonsistensi ini dapat diatasi dengan merinci pengelompokan batuan lebih detail (misal: memisahkan antara batupasir *tight* dengan batupasir *porous*). Kesimpulan kedua, metode multispektral berbasis *drone* dapat sangat membantu kegiatan survei Geologi. Selain menghasilkan keluaran berupa peta dengan resolusi yang tinggi (3,5 cm per piksel), metode ini juga dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi waktu pengerjaan survei. Kecepatan proses perekaman data dapat mencapai 1 km² per jam.

DAFTAR ISTILAH / SINGKATAN

Simbol	Definisi	Satuan
λ	panjang gelombang	
Point cloud	set data yang terdiri dari sejumlah titik dalam sebuah ruangan yang menghasilkan sebuah bentuk 3 dimensi	
DEM	Digital Elevation Model	
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index	
SOC	soil organic carbon	
GSD	Ground Sample Distance	

KEPUSTAKAAN

- Goetz, A. F., Vane, G., Solomon, J. E. & Rock, B. N.**, 1985. Imaging Spectrometry for Earth Remote Sensing. Science, 228(4704), pp. 1147-1153.
- Hashim, H., Latif, Z. A. & Adnan, N. A.**, 2019. Urban Vegetation Classification with NDVI Threshold Value Method with very High Resolution (VHR) Pleiades Imagery. Kuala Lumpur, Malaysia, Geomatics and Geospatial Technology.
- Plaza, A., Benediktsson, J.A., Boardman, J., Brazile, J., Bruzzone, L., Camps-Valls, G., Chanussot, J., Fauvel, M., Gamba, P., Gualtieri, A., Tilton, J.C., & Trianni, G.**, 2006. Advanced Processing of Hyperspectral Images. Denver, CO, USA, IEEE.
- Shaw, G. A. & Burke, H.-h. K.**, 2003. Spectral Imaging for Remote Sensing. Lincoln Laboratory Journal, 4(1), pp. 3-28.
- Wiweka**, 2006. Metodologi Penyusunan Citra Multiskala Berdasarkan Citra Hiperspektral Berdasarkan Konsep Integrated Objects dan Agregated Objects. Jakarta: Universitas Indonesia.