

Karakteristik Pola Spektral pada Daerah Tercemar Limbah B3

Nanik Suryo Haryani, Sayidah Sulma, Junita Monika Pasaribu, Hana Listi Fitriana¹

¹ Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN. Email: naniksuryo@yahoo.com

Abstrak – Setiap obyek yang berada di permukaan bumi mempunyai karakteristik yang berbeda terhadap panjang gelombang elektromagnetik, dan panjang gelombang tersebut mempunyai respon yang berbeda pada waktu berinteraksi dengan berbagai obyek. Hal ini dapat terjadi pada obyek yang sama mempunyai nilai spektral yang berbeda apabila dalam kondisi yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik pola spektral pada daerah tercemar limbah B3 dan tidak tercemar berdasarkan reflektansi yang diperoleh dari pengukuran spektrometer dan *Landsat 8-OLI*. Lokasi penelitian di tempat pembuangan limbah B3 di Balikpapan, Kalimantan Timur. Karakteristik obyek yang diteliti terdiri dari lahan terbuka berupa pasir dan lumpur asam serta vegetasi yang berupa rumput dan alang-alang di daerah tercemar dan tidak tercemar. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan antara pola spektral masing-masing obyek di daerah tercemar dan tidak tercemar. Perbedaan yang paling jelas terlihat antara daerah tercemar dan tidak tercemar adalah pola spektral vegetasi pada panjang gelombang merah dan infra merah dekat. Berdasarkan perbandingan spektral dari spektrometer dengan Landsat diketahui adanya perbedaan pola spektral terutama pada band 1, band 4, dan band 5, sehingga diperlukan proses normalisasi ketika akan mengintegrasikan nilai spektral dari kedua jenis data tersebut.

Kata kunci: pola spektral, limbah B3, Landsat 8, spektrometer

PENDAHULUAN

Obyek yang berada di bumi yang dapat terliput dalam citra satelit penginderaan jauh berdasarkan pada pola pantulan atau refleksi spektral obyek pada beberapa band citra satelit yang merupakan hasil interaksi dari gelombang elektromagnetik dengan obyek tersebut. Interaksi antara obyek yang berada di permukaan bumi dengan gelombang elektromagnetik dapat berupa absorpsi, refleksi, dan transmisi.

Radiasi yang dapat dideteksi melalui sistem penginderaan jauh (*remote sensing*) yaitu radiasi dari cahaya matahari yang berasal dari panjang gelombang *visible* dan *infrared* (yang meliputi *near infrared* - *middle infrared*), energi panas yang dipantulkan oleh permukaan bumi (*thermal*), serta refleksi gelombang mikro. Setiap obyek yang berada di permukaan bumi mempunyai reflektansi yang berbeda terhadap cahaya matahari, sehingga setiap obyek-obyek tersebut akan mempunyai karakteristik yang berbeda pada setiap panjang gelombang elektro magnetik. Hal ini dapat terjadi pada obyek yang sama mempunyai nilai spektral yang berbeda apabila obyek tersebut dalam kondisi yang berbeda.

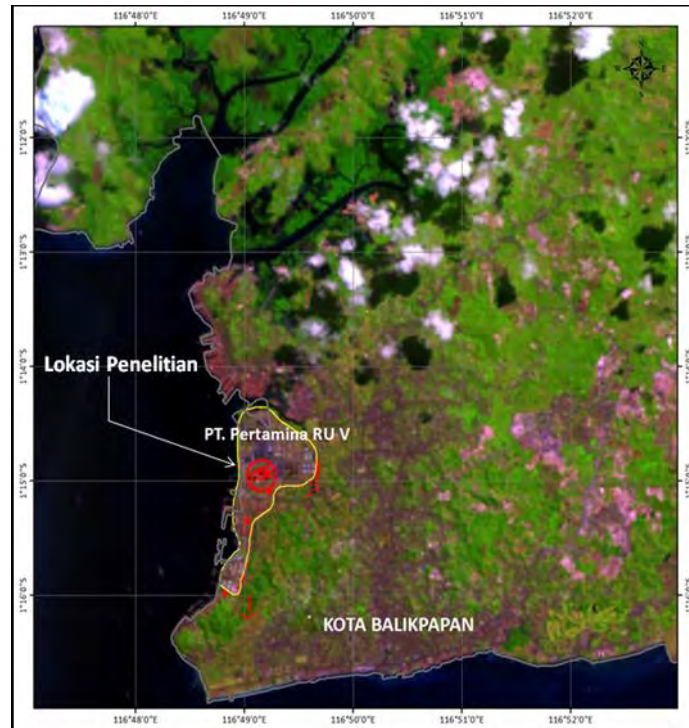
Sebagai contoh untuk obyek vegetasi, dimana karakteristik pantulan spektral dari obyek vegetasi yang dipengaruhi oleh adanya kandungan pigmen daun, material organik, air dan karakteristik struktur daun seperti bentuk dan luas daun (Huete and Glenn, 2011). Vegetasi mempunyai nilai pantulan atau reflektansi yang relatif rendah pada panjang gelombang *visible* (spektrum biru dan merah), dengan puncaknya terjadi pada spektrum hijau (Mather, 2004). Pada obyek vegetasi terjadi pantulan spektral rendah, hal ini disebabkan oleh adanya obyek vegetasi lebih banyak menyerap energi pada spektrum biru dan merah tersebut. Banyaknya energi yang diserap oleh vegetasi pada spektrum biru dan merah yang digunakan untuk proses fotosintesis pada daun (Song, 2011). Pengenalan obyek yang ada di permukaan bumi termasuk daerah tercemar dapat dilakukan melalui pola pantulan spektral yang didasarkan pada kurva reflektansi dengan nilai reflektansi berkisar antara 0 – 1.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik pola spektral pada daerah tercemar limbah B3 dan tidak tercemar berdasarkan reflektansi yang diperoleh dari pengukuran spektrometer dan *Landsat 8*.

METODOLOGI

Data Dan Lokasi Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra *Landsat 8 – Onboard Operational Land Imager (OLI)* tahun 2013 (bulan Juni, Juli, Agustus, dan November) dan 2014 (bulan Februari) dengan path/row 116/61, lokasi penelitian PT. Pertamina RU-V di Balikpapan (Kalimantan Timur), seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan analisis pola pantulan spektral untuk identifikasi obyek tercemar dan tidak tercemar.

Tahapan penelitian yang dilakukan meliputi:

1. Studi literatur yang berhubungan dengan permasalahan penelitian
2. Pengumpulan data yang meliputi data *Landsat 8-OLI* dan data pendukung yang berhubungan dengan penelitian ini.
3. Pengolahan data meliputi:
 - Pengolahan awal citra penginderaan jauh berupa: koreksi geometrik, pemisahan awan,
 - pembuatan citra warna komposit dan penajaman citra, serta *masking* awan.
 - Seleksi spektral obyek
 - Perataan spektral sesuai piksel *Landsat* (30 meter)

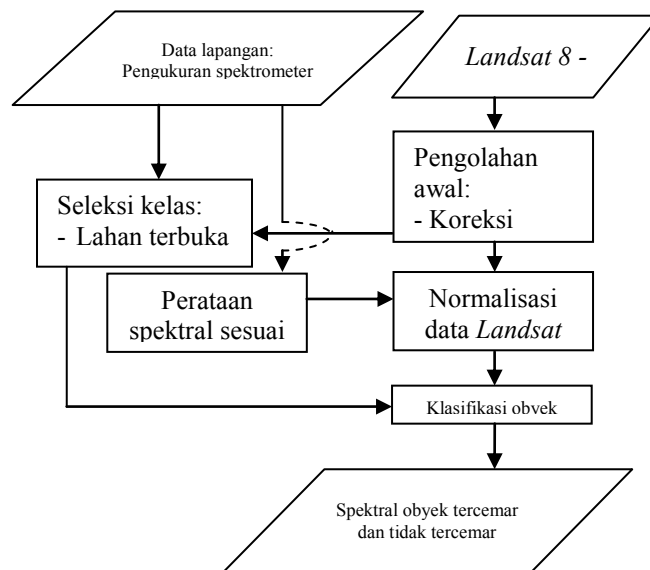
Pada pengolahan awal data meliputi koreksi geometrik dan koreksi radiometrik. Koreksi geometrik merupakan koreksi yang berhubungan dengan distribusi keruangan. Geometrik meliputi informasi data *geo-referenced* yang berupa sistem koordinat lintang dan bujur, serta informasi yang ada di dalamnya. Koreksi geometrik yang dilakukan dalam citra penginderaan jauh meliputi koreksi geometrik sistematis dan koreksi geometrik presisi. Koreksi geometrik sistematis adalah koreksi geometrik demenggunakan informasi karakteristik sensor yang meliputi orientasi internal (informasi panjang fokus sistem optik, dan koordinat titik utama, distorsi sistem lensa dan difraksi atmosfer), sedangkan orientasi eksternal berisi koordinat titik utama pada *ground space* dan tiga sudut relatif antara bidang citra dan bidang

bumi. Koreksi presisi untuk meningkatkan ketelitian geometrik dengan menggunakan titik kontrol tanah (*ground control point* atau GCP).

Koreksi radiometrik dilakukan dengan mengkonversi nilai digital menjadi nilai reflektansi yang bertujuan untuk mengurangi kesalahan nilai piksel akibat sudut matahari dan jarak matahari bumi pada data yang berlainan waktu (Mumby and Clark, 2000). Hasil pengolahan awal ini telah tersedia dalam produk standart Landsat 8 dengan format 16-bit integer, dimana konversi menjadi nilai radiansi dan reflektansi *Top of Atmosphere* (ToA) menggunakan koefisien rescaling radiometrik yang tersedia dalam file metadata (file MTL) dengan tahapan seperti di bawah ini (USGS, 2014).

4. Normalisasi data dari citra *Landsat 8-OLI* menggunakan data hasil pengukuran spektrometer di lapangan.
5. Seleksi kelas, yang berupa lahan terbuka dan vegetasi (di lokasi penelitian vegetasi berupa rumput)
6. Klasifikasi obyek tercemar dan tidak tercemar
7. Pola spektral obyek tercemar dan tidak tercemar
8. Survey lapangan, meliputi pengukuran posisi lokasi dan pengukuran reflektan menggunakan spektrometer
9. Pengumpulan data spektral, pada penelitian ini referensi spektral untuk klasifikasi citra diperoleh dari *endmember* yang diekstraksi dari citra itu sendiri dan dibandingkan dengan spektral pengukuran di lapangan menggunakan spektrometer. Data spektral diperoleh dari pengukuran reflektansi di lapangan menggunakan spektrometer tipe HR4000CG. Panjang gelombang spektrometer yang digunakan terdiri dari gelombang *visible* dan *Near Infrared* (NIR) dengan kisaran panjang gelombang 200 nm sampai 1050 nm. Pengukuran spektral dilakukan pada obyek-obyek tercemar dan tidak tercemar dengan pengulangan 10 kali setiap pengukuran. Obyek yang diukur terdiri dari vegetasi dan pasir di daerah tercemar dan tidak tercemar serta obyek *sludge* (lumpur padat di daerah tercemar). Pengumpulan spektral obyek atau *endmember* dari citra menggunakan metode otomatis yaitu membuat *endmember* dari eigenvektor dengan order tingkat tinggi dari *Principal Component Analysis* atau PCA (Parwati *et al.*, 2012; Boardman, 1993). PCA merupakan teknik statistik multivarian yang menggunakan kombinasi korelasi linier.
10. Analisis spektral, pada penelitian ini akan dibandingkan pola spektral pada daerah tercemar dan tidak tercemar limbah B3. Algoritma Spektral dalam spektral angel mapper menentukan kesamaan spektral antara dua spektrum dengan menghitung sudut (*angle*) antara dua spektrum, memperlakukannya sebagai vektor dalam ruang dengan dimensi yang sama dengan jumlah band (Kruse,et.al. 1993).

Adapun diagram alir penelitian seperti pada Gambar 2 berikut ini



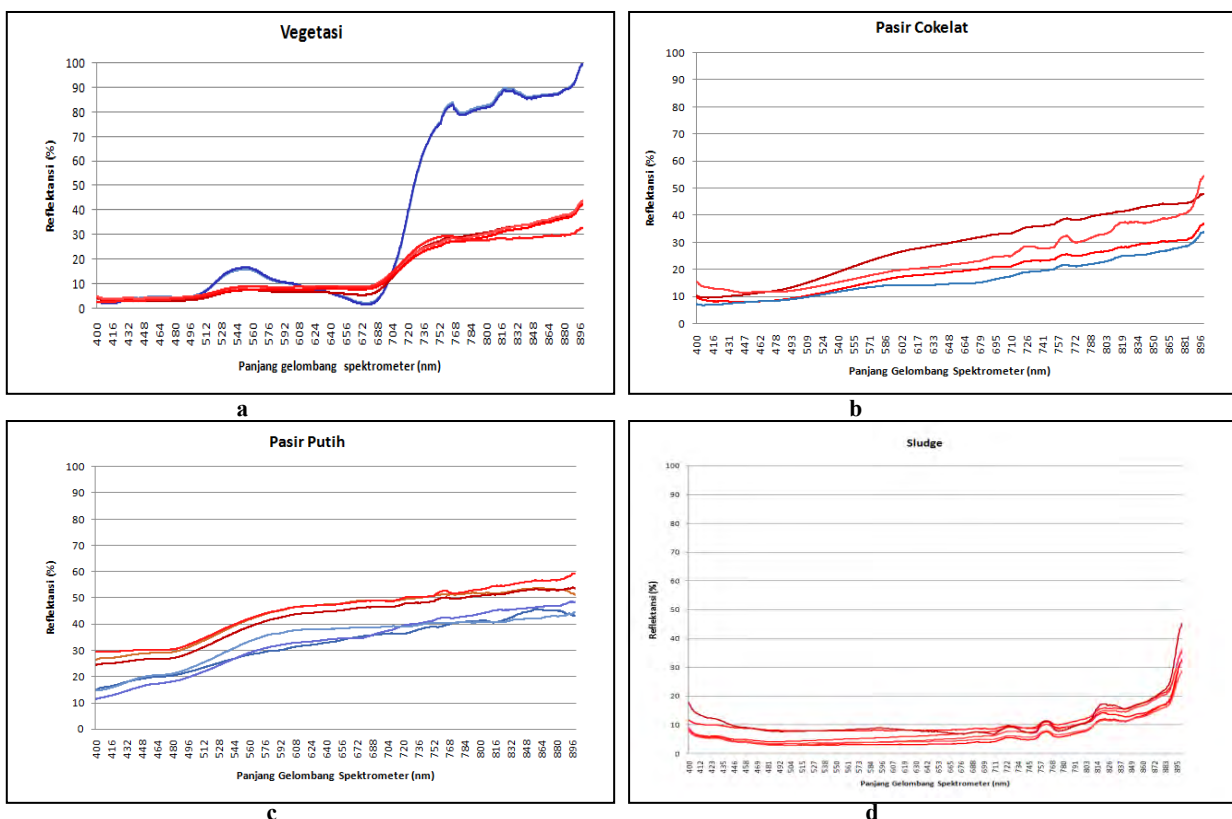
Gambar 2. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Spektral Pengukuran di Lapangan

Analisis data spektral dari hasil pengukuran dengan alat spektrometer di lapangan atau di lokasi penelitian, dimana dilakukan pengukuran reflektansi terhadap obyek di lokasi tercemar limbah B3 dan lokasi tidak tercemar dengan panjang gelombang *Visible* dan *Near Infrared* (NIR). Pengukuran dilakukan sebanyak 10 kali perulangan pada setiap obyek pada saat kondisi cerah pada pukul 10.00 – 15.00 WITA. Pada saat pengukuran dengan *field of view* sensor membentuk sudut sebesar 25°, dan ketinggian pengukuran 1 – 1,5 m maka luas obyek yang terukur sekitar 50 x 50 cm. Obyek yang diukur adalah yang mewakili obyek yang berada di daerah tercemar limbah B3 dibandingkan dengan di luar daerah tercemar, yaitu vegetasi (rumput dan alang-alang), pasir putih dan pasir coklat serta obyek lumpur padat (*sludge*). Hasil pengukuran reflektansi dari spektrometer di lapangan untuk lima jenis obyek dapat dilihat pada Gambar 3.

Pada profil spektral obyek vegetasi dapat dilihat perbedaan yang signifikan antara obyek di daerah tercemar (kurva warna merah) dan tidak tercemar (kurva warna biru) seperti pada Gambar 3a. Reflektansi pada vegetasi di daerah tercemar cenderung lebih rendah dan bentuk kurva datar (*flat*) dari mulai gelombang biru sampai ke NIR, sedangkan pada daerah tidak tercemar terlihat berfluktuasi terutama pada panjang gelombang merah dan meningkat dengan tajam pada NIR yang merupakan indikator kesehatan vegetasi. Pada obyek pasir baik pasir putih maupun pasir coklat menunjukkan reflektansi di daerah tercemar lebih tinggi dibandingkan daerah tidak tercemar dengan pola cenderung meningkat dari panjang gelombang biru hingga NIR, seperti terlihat pada Gambar 3b dan Gambar 3c. Sedangkan obyek *sludge* atau limbah berupa lumpur pada Gambar 3d menunjukkan pola datar dari mulai panjang gelombang biru hingga NIR dan meningkat dengan tajam di akhir panjang gelombang NIR.



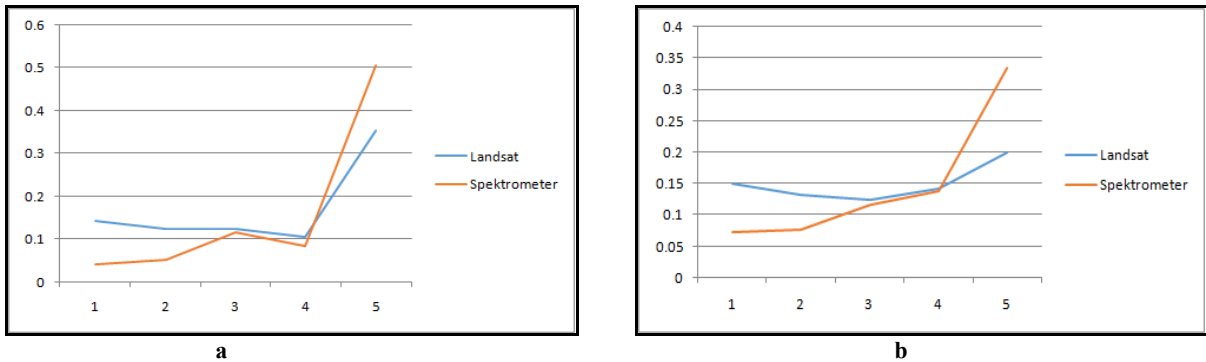
Keterangan:

- Daerah tercemar
- Daerah tidak tercemar

Gambar 3. Profil spektral obyek tercemar dan tidak tercemar dari spektrometer

Normalisasi Spektral Landsat terhadap Pengukuran Spektrometer

Citra *Landsat* yang digunakan dalam penelitian ini belum melalui proses koreksi atmosferik. Sehingga untuk mengurangi adanya perbedaan kondisi atmosfer saat pengukuran menggunakan spektrometer dengan kondisi pada citra *Landsat* saat perekaman data, maka untuk mengaplikasikan data pengukuran spektral di lapangan dari alat spektrometer tersebut ke citra *Landsat*, pada tahap awal dilakukan perbandingan nilai spektral pada piksel citra dengan rata-rata spektral dari hasil pengukuran di lapangan dengan spektrometer pada lokasi yang sama, kemudian dilakukan normalisasi nilai. Gambar 4a dan Gambar 4b memperlihatkan perbedaan beberapa piksel citra dengan data hasil pengukuran dengan alat spektrometer, dimana perbedaan terutama terlihat pada band 1, band 2 dan band 5, sedangkan pada band 3 dan band 4 memperlihatkan pola yang serupa. Selanjutnya data *Landsat* yang digunakan dinormalisasi dengan persamaan hasil regresi linier antara kedua jenis data yang dapat dilihat pada Gambar 5, dimana hasil regresi linier pada band 1 seperti pada Gambar 5a, band 2 seperti pada Gambar 5b, dan band 5 seperti pada Gambar 5c.



Gambar 4. Perbandingan nilai spektral dari pengukuran spektrometer dan data *Landsat* 8 band 1 - band 5

Hasil persamaan dan korelasi dari normalisasi spektral *Landsat* dilakukan pada band 1, band 2, dan band 5, seperti pada tabel berikut ini:

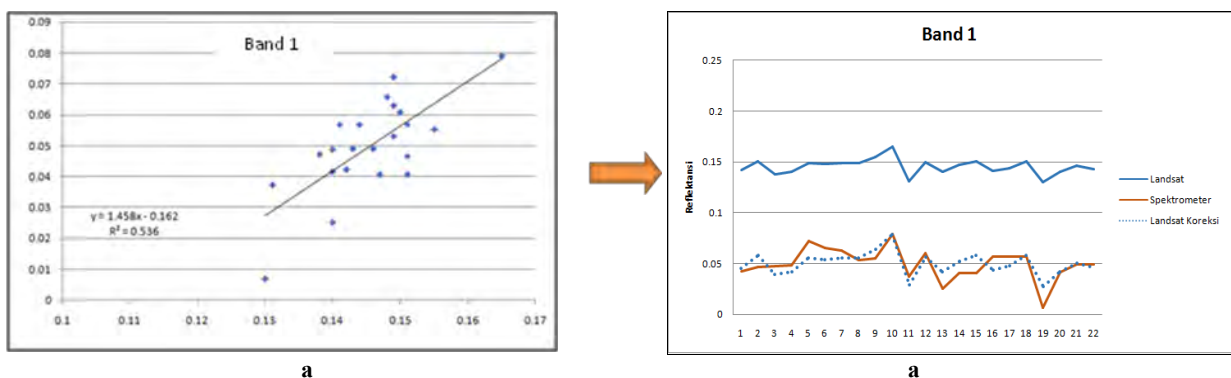
Tabel 1. Persamaan dan korelasi hasil normalisasi spektral *Landsat* pada band 1, band 2, dan band 5

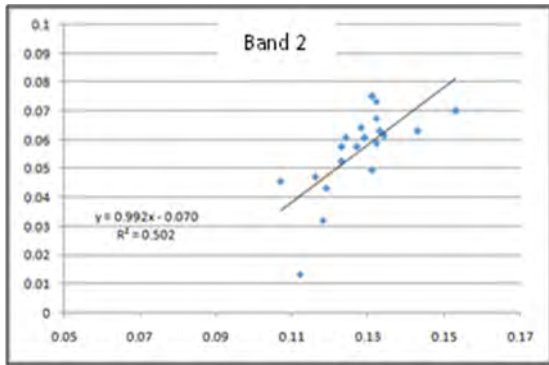
No.	Normalisasi Spektral Landsat	Persamaan	Korelasi
1	Band 1	$y = 1.458x - 0.162$	$R^2 = 0.536$
2	Band 2	$y = 1.458x - 0.162$	$R^2 = 0.502$
3	Band 5	$y = 1.458x - 0.162$	$R^2 = 0.692$

Sumber: Hasil pengolahan, 2014.

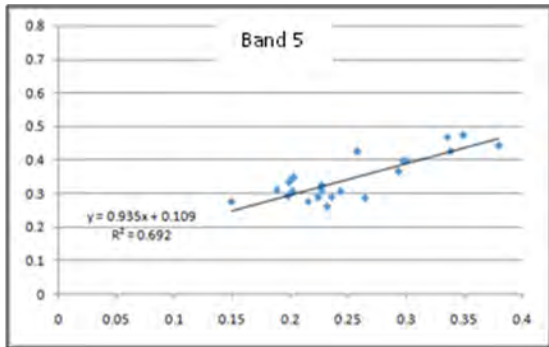
Dari hasil regresi hasil regresi linier pada band 1, 2, 5, digunakan untuk normalisasi citra landsat terhadap nilai spektral hasil pengukuran lapangan, sehingga diperoleh hasil normalisasi seperti pada Gambar 6, dimana Gambar 6a menunjukkan normalisasi citra band 1, Gambar 6b menunjukkan normalisasi citra band 2, dan Gambar 6c menunjukkan normalisasi citra band 5.

Pada Gambar 6 dimana grafik warna biru menunjukkan hasil spektral *Landsat*, grafik warna kuning menunjukkan hasil spektral pengukuran dari spektrometer di lapangan, dan grafik biru (garis putus-putus) hasil spektral *Landsat* terkoreksi.



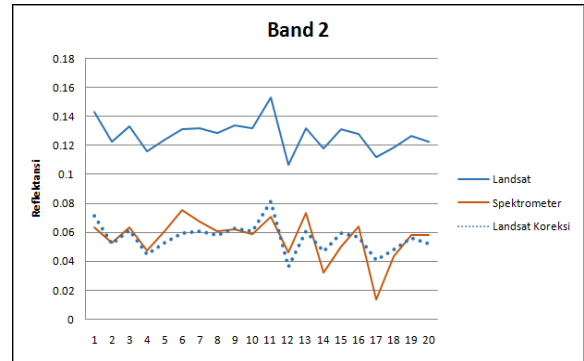


b

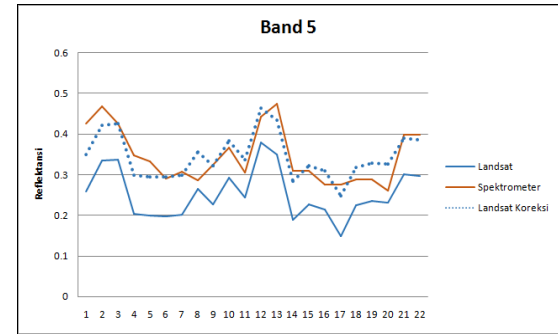


c

Gambar 5. Hasil regresi untuk normalisasi citra *Landsat* terhadap nilai spektral hasil pengukuran dari spektrometer



b

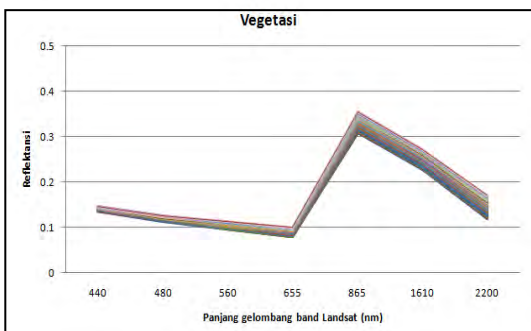


c

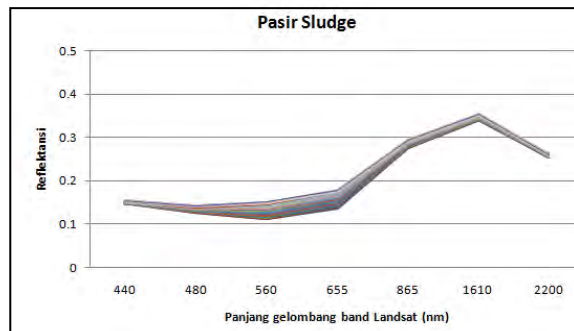
Gambar 6. Hasil Normalisasi citra band 1, band 2, dan band 5

Analisis Spektral dari Citra Landsat

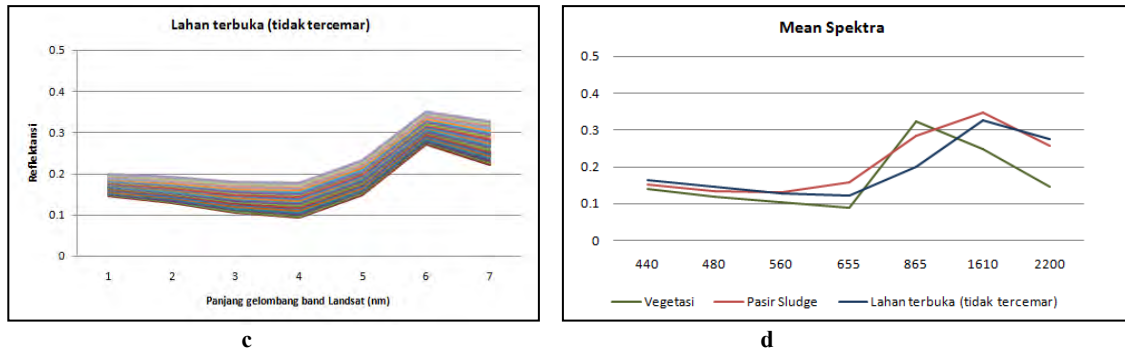
Endmember atau spektral asli obyek juga diperoleh dari ekstraksi antara citra PCA band 2- band 3, PCA band 2- band 4 dan PCA band 4 – band 5. Hasil analisis *endmember* dari citra Landsat ini diperoleh spektral *endmember* vegetasi dan lahan terbuka di daerah tidak tercemar, serta pasir dan *sludge* di daerah tercemar. Pada daerah tercemar tidak diperoleh *endmember* vegetasi karena area vegetasi yang terlalu sempit. Gambar 7 memperlihatkan pola spektral untuk masing-masing *endmember* pada band 1 – band 7 dari data *Landsat*. Berdasarkan pola spektral terlihat pola spektral serupa, dimana pada panjang gelombang antara 440 – 655 atau band 1 – band 4 kurva sedikit menurun, dan pada band 5 kurva mengalami peningkatan yang cukup tajam baik pada obyek vegetasi, pasir *sludge* dan lahan terbuka (tidak tercemar). Perbedaan utama terlihat untuk vegetasi memiliki puncak reflektansi pada panjang gelombang NIR (band 5) kemudian menurun tajam pada gelombang SWIR, sedangkan obyek lahan terbuka pada lokasi tidak tercemar dan pasir *sludge* memiliki nilai puncak pada panjang gelombang SWIR 1. Selanjutnya untuk obyek pasir *sludge* memiliki pola yang cenderung lebih datar dibandingkan lahan terbuka lainnya dan memiliki nilai yang lebih tinggi pada panjang gelombang SWIR 1 (band 6) dan SWIR 2 (band 7). Pada band 7 kurva menurun untuk semua obyek (vegetasi, pasir *sludge*, dan lahan terbuka). Pada Gambar 7d, dapat dilihat perbandingan kurva rata-rata spektral setiap obyek, yang meliputi obyek vegetasi, pasir *sludge*, lahan terbuka pada lokasi tidak tercemar.



a



b



Gambar 7. Profil spektral obyek tercemar dan tidak tercemar dari *endmember* citra Landsat

Nilai rata-rata spektral *endmember* untuk masing-masing obyek selanjutnya menjadi spektral referensi dalam proses klasifikasi berdasarkan metode *Spectral Angel Mapper* dan *Spectral Mixture Analysis*. *Spectral Mixture Analysis* merupakan nilai sebuah spektrum dimodelkan sebagai jumlah fraksi *endmember* dimana setiap fraksi *endmember* diberi nilai bobot (Adams et al, 1993; Roberts et al 1993; Settle and Drake, 1993 dalam Parwati et al, 2012).

Hasil analisis statistik rata-rata dan standar deviasi spektral masing-masing obyek pada band 1 – band 7 dari citra landsat dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Analisis statistik rata-rata dan standar deviasi spektral masing-masing obyek pada band 1 – band 7 dari citra Landsat

Band Landsat	Endmember					
	Vegetasi		Pasir Sludge		Lahan Terbuka (Tidak Tercemar)	
	Mean	Stadart Dev.	Mean	Stadart Dev.	Mean	Stadart Dev.
Band 1	0.1401	0.0026	0.1508	0.0034	0.1641	0.0125
Band 2	0.1183	0.0032	0.1346	0.0097	0.1473	0.0151
Band 3	0.1054	0.0047	0.1315	0.0268	0.1292	0.0184
Band 4	0.0885	0.0052	0.1582	0.0287	0.1233	0.0227
Band 5	0.3239	0.0108	0.2847	0.0116	0.1992	0.0245
Band 6	0.2485	0.0151	0.3469	0.0081	0.3256	0.0204
Band 7	0.1447	0.0147	0.2573	0.0043	0.2748	0.0313

Sumber: Hasil pengolahan, 2014

KESIMPULAN

Pola spektral pada daerah tercemar limbah B3 untuk obyek pasir sludge memiliki pola yang cenderung lebih datar dibandingkan lahan terbuka dan memiliki nilai yang lebih tinggi pada band 6 atau panjang gelombang SWIR 1 dan band 7 atau panjang gelombang SWIR 2, bahkan obyek pasir *sludge* memiliki nilai puncak pada panjang gelombang SWIR 1.

Pola spektral pada daerah tidak tercemar terlihat serupa, dimana pada band 1 – band 4 atau panjang gelombang antara 440 – 655 terlihat pola spektral dengan kurva datar dan sedikit menurun, sedangkan pada band 5 kurva mengalami peningkatan yang cukup tajam pada obyek vegetasi, pasir *sludge* dan lahan terbuka.

DAFTAR PUSTAKA

Adams, J. B., Smith, M. O., & Gillespie, A. R. (1993). Imaging spectroscopy: Interpretation based on spectral mixture analysis. In C. M. Pieters & P. Englert (Eds.), Remote geochemical analysis: Elements and mineralogical composition. NY: Cambridge Univ. Press 145–166 pp.

Boardman J. 1993. Automatic spectral unmixing of AVIRIS data using convex geometry concepts. In: Summaries of the Fourth Annual JPL Airborne Geoscience Workshop. p.11-14.

Huete A.R., Glenn E.P. 2011. Recent advances in remote sensing of ecosystem structure and function. In: Weng Q (ed) Advances in environmental remote sensing: sensors, algorithms, and applications. CRC Press Taylor and Francis Group, New York.

Kruse F.A., Lefkoff A.B., Boardman J.W., Heidebrecht K.B., Shapiro A.T., Barloon P.J., and Goetz A.F.H. 1993. The Spectral Image Processing System (SIPS) – Interactive Visualization and Analysis of Imaging Spectrometer Data. Elsevier Science Publishing Co.Inc. New York. Remote Sensing Environment, 44: 145 – 163.

Mather P.M. 2004. Computer Processing of Remotely-Sensed Images. John Wiley and Sons Ltd.

Mumby P.J., and Clark C.D. 2000. Radiometric correction of satellite and airborne images. In: Green E.P., Mumby P.J., Edwards A.J, Clark C.D. Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management. Coastal Management Sourcebooks . Paris, UNESCO, p.109 –120.

Parwati, Vetrira Y., Sulma S., Ernawati. 2012. Pengembangan model untuk pemantauan degradasi hutan untuk analisa bencana banjir Spectral Mixture Analysis (SMA). Laporan Akhir 2012. Bidang Lingkungan dan Mitigasi Bencana (LMB), Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN. Jakarta.

Roberts, D. A., Smith, M. O., & Adams, J. B. (1993). Green vegetation, nonphotosynthetic vegetation, and soils in AVIRIS data. Remote Sensing of Environment, 44, 255–269.

Settle, J. J., & Drake, N. A. (1993). Linear mixing and the estimation of ground cover proportions. International Journal of Remote Sensing, 14, 1159-1177.

Song W., Chen Z., Brennaman M.K., Concepcion J.J., Patrocinio T., Murakhami N.Y., Meyer T.J. 2011. Making solar fuel by artificial photosynthesis. Pure and Applied Chemistry, Volume 83, Issue 4, p.749–768, ISSN (online) 1365-3075.

http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/data_prod/prog_sect11_3.html.

<http://landsat.usgs.gov>.

<http://petacitraku.wordpress.com>.