

DETEKSI LIMBAH *ACID SLUDGE* MENGGUNAKAN METODE *RED EDGE* BERBASIS DATA PENGINDERAAN JAUH

Nanik Suryo Haryani^{*)}, Hidayat^{*)}, Sayidah Sulma^{*)}, Junita Monika Pasaribu^{*)}

^{*)} Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN

naniksuryo@yahoo.com

Abstract

The issue of hazardous and toxic waste material (B3) which frequently happen recently has caused a contamination, and further will trigger the environmental damages especially in the area surrounding the disposal area. The technology achievement in remote sensing enabling the detection of the condition of the hazardous waste contaminated area, especially by the use of infra red thermal canal. The aim of this research is to detect the existence of contaminated area by hazardous material, in this case acid sludge, using red edge method based on remote sensing. The result of Landsat images analyses to detect the contaminated area using red edge method is separated onto 2 season, that is dry season (March - August) and wet season (September - Februari). The red edge value on dry season is around 20 - 110, while in wet season is 220 - 110. The use of red edge method is still difficult for the area with the low to medium spectral resolution data like as Landsat images.

Key Words: *Remote Sensing, hazardous waste, acid sludge, red edge.*

Abstrak

Permasalahan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) yang sering terjadi akhir-akhir ini banyak mengakibatkan terjadi pencemaran, yang selanjutnya akan terjadi kerusakan lingkungan terutama di lingkungan yang berada di sekitar tempat pembuangan limbah B3 tersebut. Perkembangan teknologi penginderaan jauh memungkinkan untuk mendeteksi kondisi kawasan yang tercemar limbah B3, terutama dengan menggunakan kanal inframerah thermal. Tujuan penelitian ini melakukan deteksi daerah tercemar limbah B3 dalam hal ini limbah acid sludge menggunakan metode red edge berbasis data penginderaan jauh. Hasil pengolahan citra Landsat untuk deteksi daerah tercemar menggunakan metode red edge dibedakan dalam dua musim yaitu musim kering (Maret – Agustus) dan musim basah (September – Februari). Nilai red edge pada musim kering berkisar antara 10 hingga 110, sedangkan pada musim basah nilai red edge berkisar antara 20 hingga 110. Penggunaan metode red edge masih sulit diterapkan untuk penggunaan data resolusi spektral rendah hingga menengah seperti citra Landsat.

Kata Kunci: *Penginderaan Jauh, limbah B3, acid sludge, red edge.*

1. Pendahuluan

Kebijakan lingkungan yang mengharuskan pelaku industri agar mempunyai kepedulian terhadap lingkungan merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari kebijakan perusahaan atau industri. Dalam era globalisasi ini, maka usaha di bidang industri harus mampu mengantisipasi kondisi globalisasi pasar internasional. Salah satu desakan dari pasar internasional di bidang industri adalah kemampuan industri untuk menghasilkan produk dalam proses produksi yang ramah lingkungan atau disebut *Green Product*. Ramah lingkungan dalam proses produksi ini dapat diartikan bahwa mulai dari bahan baku, proses teknologi dan produk yang dihasilkan sampai dengan limbah yang dibuang haruslah ramah terhadap lingkungan sekitarnya bahkan dengan menghasilkan *Zero to Waste*.

Sebagian besar di kalangan industri tidak menyadari, bahwa limbah yang dihasilkan termasuk dalam kategori limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), sehingga dengan mudah limbah dibuang langsung ke perairan maupun langsung ke tanah dengan cara ditimbun tanpa adanya pengolahan limbah terlebih dahulu. Adanya beban biaya yang cukup tinggi untuk mengelola limbah B3 tersebut sering menjadi alasan para pelaku industri untuk membuang limbah B3 ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu.

Managemen limbah B3 saat ini merupakan problem utama dunia, sebagai contoh di United State of America (USA) dihasilkan 40 juta ton limbah bahan berbahaya dan beracun (USEPA, 2003). Keberadaan limbah bahan berbahaya dan beracun ini khususnya di Indonesia semakin lama semakin

mengkhawatirkan. Lebih dari 75% limbah bahan berbahaya dan beracun merupakan hasil sumbangan dari sektor industri melalui limbahnya (Yantihistoria, 2012).

Permasalahan limbah B3 yang terjadi akhir-akhir ini banyak mengakibatkan terjadi pencemaran, yang selanjutnya akan merusak lingkungan terutama lingkungan yang ada di sekitar pembuangan limbah B3 tersebut. Pembuangan limbah B3 tanpa adanya pengolahan limbah terlebih dahulu akan mengakibatkan pencemaran lingkungan, terutama wilayah daratan (tanah/lahan) dan wilayah perairan.

Pemulihan lahan atau tanah yang terkontaminasi limbah B3 dalam hal ini limbah *acid sludge* yang telah dilakukan upaya pemulihan, antara lain berupa perlakuan: netralisasi, bioremediasi, solidifikasi, dan pematian pergerakan *acid sludge*.

Penelitian deteksi kawasan yang tercemar limbah B3 sebagian besar dilakukan dengan analisis lapangan di daerah tercemar dan analisis laboratorium, analisis tersebut memerlukan waktu dan biaya yang cukup besar. Saat ini, dengan adanya perkembangan teknologi memungkinkan untuk mendeteksi kondisi kawasan yang tercemar limbah B3 tersebut dengan cara tanpa menyentuh obyek yang akan dianalisis, teknologi tersebut dikenal sebagai teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*). Keunggulan teknologi penginderaan jauh mempunyai cakupan yang luas, *real time (up to date)*, *historical data* yang baik, dan memiliki karakteristik spektral yang memungkinkan untuk mendeteksi kondisi kawasan yang tercemar limbah B3. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa data penginderaan jauh terutama dengan kanal inframerah thermal mempunyai kemampuan untuk mendeteksi daerah yang tercemar limbah B3. Tujuan penelitian ini melakukan deteksi daerah tercemar limbah B3 dalam hal ini *acid sludge* menggunakan metode *red edge* berbasis data penginderaan jauh.

2. Red Edge

Penelitian telah mengkaji dampak limbah terhadap tumbuhan yang menyebabkan adanya stres pada tumbuhan (melalui pembuangan limbah asam daerah pertambangan), akan memberikan respon dengan adanya perubahan reflektansi spektral (Gates et al., 1965, Horler et al., 1980, Singhroy et al., 1986). Perubahan ini telah diamati pada puncak reflektansi pada band hijau dengan panjang gelombang mendekati 0.57 μm , maksimum penyerapan klorofil mendekati 0.68 μm , nilai reflektansi *infrared* untuk *shoulder* dan *plateau* antara 0.75 dan 1.1 μm . Hasil dari stress tanaman adalah chlorosis (*chlorophyll loss*). Fenomena ini disebut juga sebagai “*red-edge shift*”, perubahan dalam posisi pada panjang gelombang antara 0.68 μm dan 0.75 μm untuk spektrum tumbuhan hijau.

Kajian mengenai *stress* yang mengakibatkan perubahan *red-edge* terjadi terhadap gelombang panjang (*red*) dan gelombang pendek (*blue*) yang dikaitkan dengan perubahan konsentrasi klorofil dan parameter tanaman lainnya termasuk kanopi tanaman (Horler et al., 1983, Rock 1988, Cloutis et al., 1989).

Torrence Slonecker (2010), dijelaskan beberapa penelitian mengenai masalah lingkungan yang mempengaruhi kehidupan ekologi dan manusia yang disebabkan oleh pembuangan limbah B3 dari pertanian, industry, militer dan aktivitas pertambangan. Limbah B3 ini berupa logam berat, hidrokarbon dan bahan kimia lainnya. Penelitian pemanfaatan penginderaan jauh untuk mendeteksi limbah B3. Metode yang digunakan dalam beberapa penelitian ini adalah metode NDVI, *Red-Edge Shift (REP)*, *Edge*

Green First Derivative Normalized Difference (EGFN) index, and thermal detection. Nilai NDVI diperoleh dari band red dan band NIR dengan menggunakan citra Landsat TM. Nilai REP dihitung dengan menggunakan citra Landsat TM dengan mengamati pergeseran panjang gelombang pada band invisible dan band *near infrared* (NIR) yang diakibatkan oleh kontaminasi limbah B3.

Ray *et al.*, mendefinisikan *Red Edge* sebagai transisi nilai spektral pada panjang gelombang *red* dan *near infrared*. Horler *et al.*, mendefinisikan *Red Edge* (λ_{re}) sebagai panjang gelombang maksimum ($\Delta R/\Delta \lambda$), dimana R adalah reflektan dan λ adalah panjang gelombang tertentu. Guyot *et al.*, mendefinisikan *Red Edge* sebagai infleksi/perubahan dalam peningkatan secara tajam antara panjang gelombang 670 dan 760 nm.

Collins *et al.* mengamati pergeseran panjang gelombang biru pada pohon conifer dipengaruhi oleh logam sulfida pada selang 700 – 780 nm. Horler menemukan pergeseran selang panjang gelombang biru pada pohon disebabkan oleh konsentrasi logam sulfida dalam tanah. Rock *et al.*, menunjukkan pergeseran selang panjang gelombang biru sebesar 5 nm pada pohon cemara dan pohon fir di daerah Vermont dan Jerman sebagai hasil dari kontaminasi asam. Reusen (2003), memetakan daerah terkontaminasi logam berat dengan mengamati stres vegetasi dengan menggunakan sensor *hyperspectral* CASI dengan menghitung nilai indeks vegetasi *Edge Green First Derivative Normalized Difference* (EGFN). Deteksi kontaminasi limbah B3 diamati dengan menggunakan band thermal dan citra *hyperspectral*.

3. Metodologi

3.1 Data

Penelitian ini menggunakan data Landsat multi temporal yaitu data tahun 1995 hingga tahun 2012 yang seluruh datanya berjumlah 12 *scene* citra landsat, seperti pada tabel berikut:

Tabel 3.1 Data Landsat yang digunakan untuk penelitian

Tanggal	Path/Row	Lokasi
19 Desember 1995	116/061	Balikpapan – Kalimantan Timur
30 Mei 1997	116/061	Balikpapan – Kalimantan Timur
4 Juli 2001	116/061	Balikpapan – Kalimantan Timur
5 Agustus 2001	116/061	Balikpapan – Kalimantan Timur
20 Mei 2002	116/061	Balikpapan – Kalimantan Timur
20 Maret, 2003	116/061	Balikpapan – Kalimantan Timur
27 Agustus 2003	116/061	Balikpapan – Kalimantan Timur
15 Juli 2005	116/061	Balikpapan – Kalimantan Timur
17 September 2005	116/061	Balikpapan – Kalimantan Timur
15 Maret 2007	116/061	Balikpapan – Kalimantan Timur
7 Mei 2009	116/061	Balikpapan – Kalimantan Timur
3 Juli 2012	116/061	Balikpapan – Kalimantan Timur

3.2 Metode

Metode yang digunakan dalam pengolahan data landsat, dimana langkah-langkah yang dilakukan dalam menggunakan metode *red edge*, dengan melakukan koreksi data dalam hal ini koreksi data landsat untuk setiap tanggal data. Selanjutnya setelah data dilakukan koreksi lalu masukkan formula *red edge* dengan rumus (3-1) berikut, selanjutnya lakukan ekstraksi reflektansi dan ekstraksi panjang gelombang.

Formula yang digunakan untuk perhitungan *Red Edge* adalah seperti pada formula berikut ini:

$$\lambda_{re} = \frac{\Delta R}{\Delta \lambda} \dots\dots\dots (3-1)$$

dimana:

λ_{re} = *Red Edge*

R = Reflektan

λ = Panjang Gelombang

4. Hasil dan Pembahasan

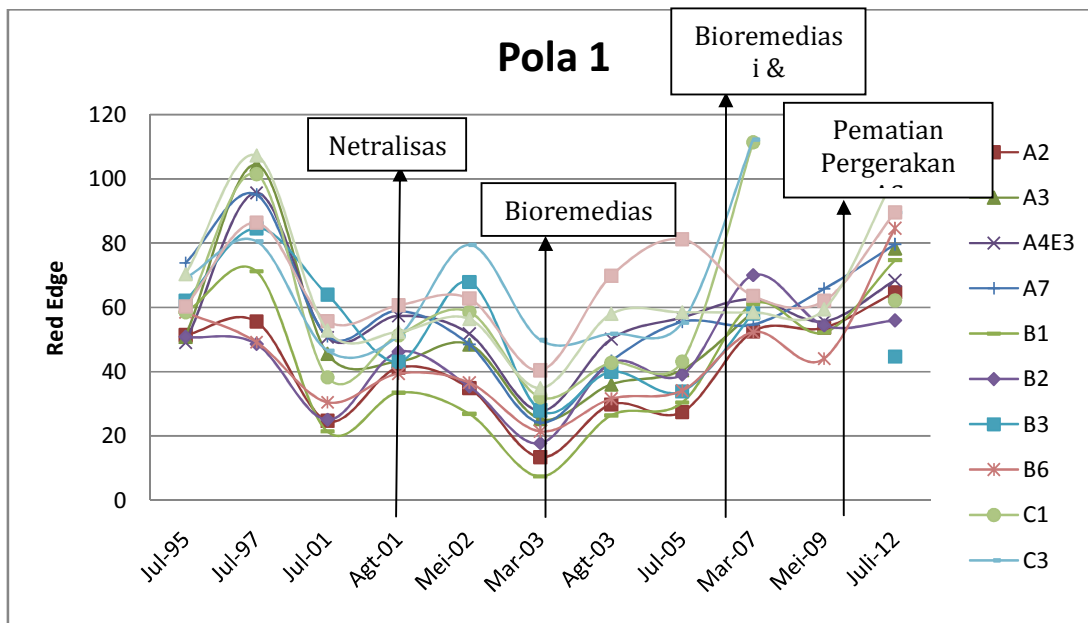
Pengolahan data untuk *red edge*, dimana dalam pengolahan data pada Landsat 5 menggunakan band 4 (*near infrared*) dan band 3 (*infrared*), dengan menggunakan formulasi perhitungan *Red Edge* seperti formula tersebut di atas. Dalam pengolahan untuk perhitungan *red edge* disini dibedakan pengolahan data untuk musim kering (maret –basah (September – Februari).

a. Pengolahan *Red Edge* pada Agustus) dan musim Musim Kering

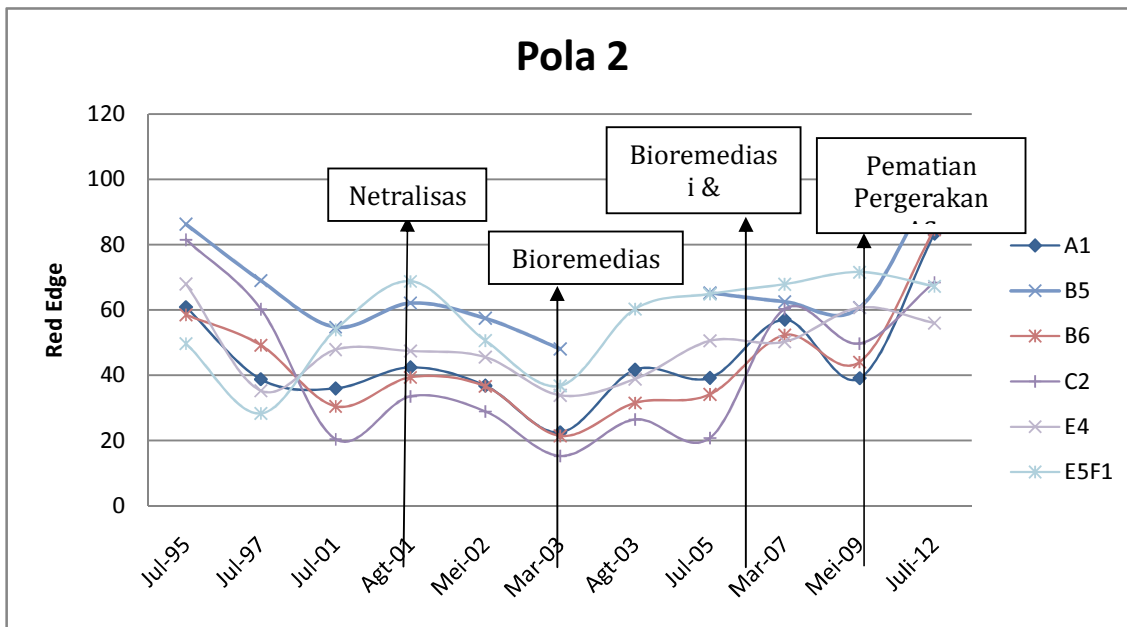
Pada pengolahan data Landsat 5, reflaktan ΔR menggunakan band 4 dan band 3, sedangkan panjang gelombang $\Delta \lambda$ menggunakan selisih panjang gelombang, yang besarnya berkisar antara 680 – 760 nm. Hasil Pengolahan *Red Edge* dari citra landsat seperti pada Grafik 4-1 dan Grafik 4-2.

Hasil pengolahan *red edge* pada musim kering (Maret – Agustus) dari data citra landsat tahun 1995 hingga tahun 2012 kondisinya berfluktuasi, dilihat dari pola 1 dari tahun 1995 nilai *red edge* berkisar antara 50 hingga 70, selanjutnya nilai *red edge* meningkat di tahun 1997 berkisar antara 50 hingga 100. Sedangkan di tahun 2001 menurun hingga nilai *red edge* berkisar antara 20 hingga 65, selanjutnya di bulan Maret 2003 menurun lagi hingga nilai *red edge* berkisar antara 10 hingga 50. Di tahun 2007 nilai *red edge* mengalami peningkatan yang cukup tajam berkisar antara 50 hingga 100, selanjutnya di tahun 2009 sedikit mengalami penurunan dengan nilai *red edge* berkisar antara 40 hingga 70. Sedangkan di tahun 2012 mengalami peningkatan kembali dengan nilai *red edge* berkisar antara 45 hingga 100.

Hasil pengolahan *red edge* pada musim kering dari pola 2 dari tahun 1995 nilai *red edge* berkisar antara 50 hingga 90, selanjutnya nilai *red edge* mengalami penurunan pada bulan Agustus tahun 2003 berkisar antara 10 hingga 50. Sedangkan di 2005 meningkat dan terus meningkat di tahun 2007 hingga nilai *red edge* berkisar antara 50 hingga 70, selanjutnya nilai *red edge* masih terus meningkat di bulan Juli 2012 berkisar antara 50 hingga 100.



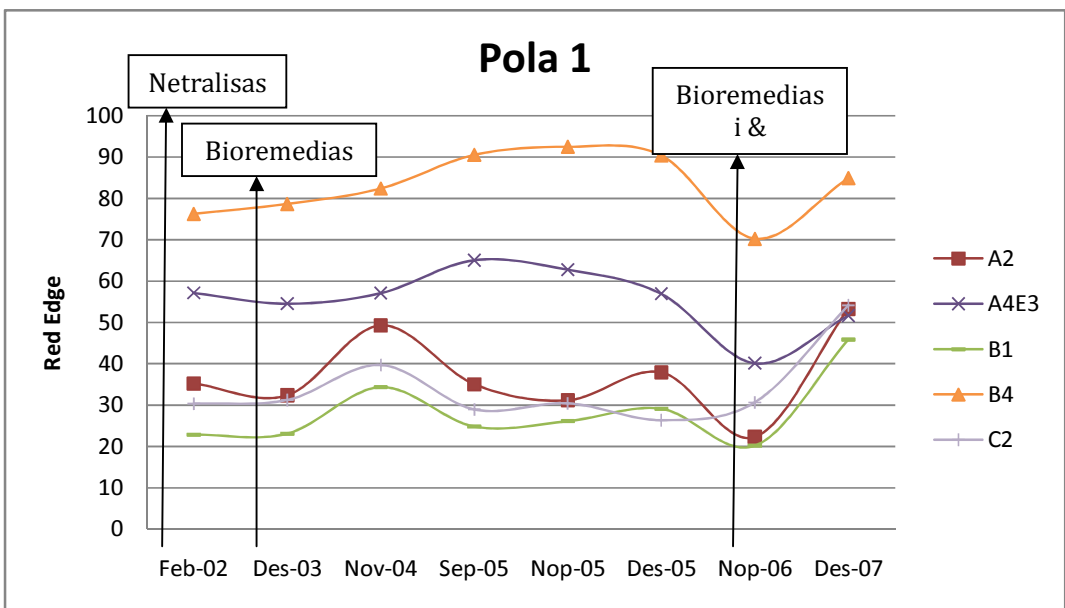
Grafik 4.1 Red Edge Pola 1



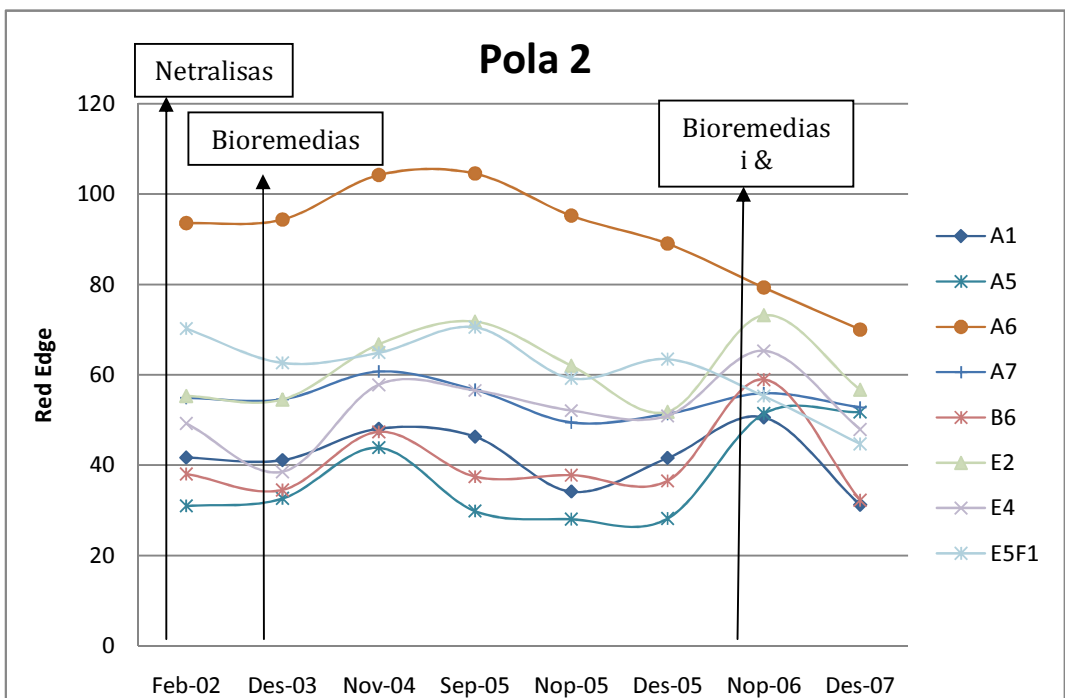
Grafik 4.2 Red Edge Pola 2

b. Pengolahan Red Edge pada Musim Basah

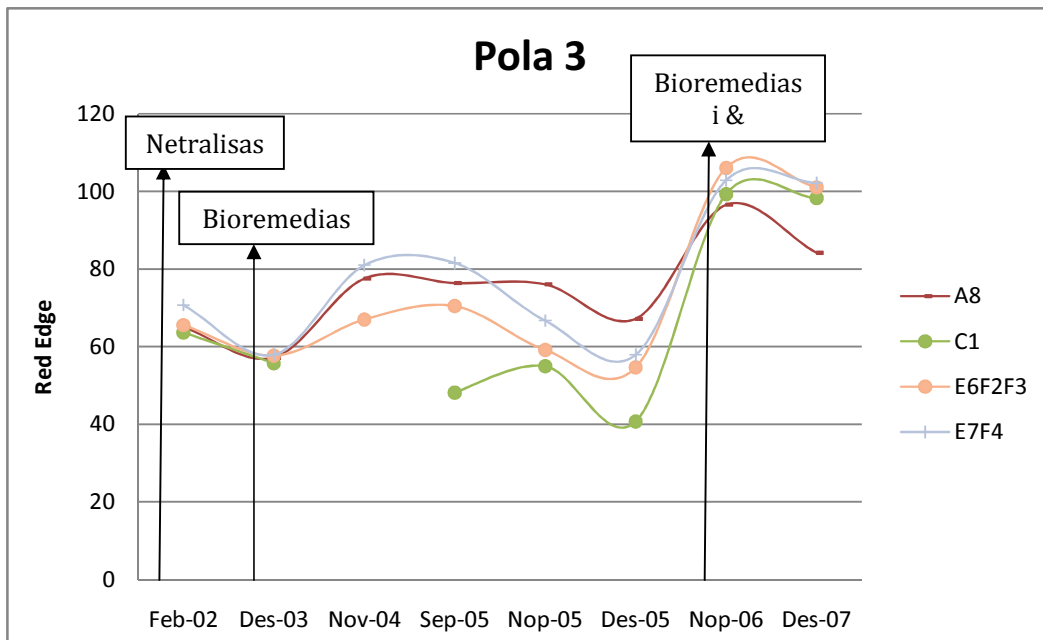
Pengolahan *Red Edge* dari citra Landsat 5 pada musim basah (September – Februari) dihasilkan nilai red edge yang dapat dikelompokkan menjadi 3 pola seperti pada Grafik 4.3, Grafik 4.4, Grafik 4.4.



Grafik 4.3 Red Edge Pola 1



Grafik 4.4 Red Edge Pola 2



Grafik 4.5 Red Edge Pola 3

Hasil pengolahan *red edge* dari data citra landsat tahun 2002 hingga tahun 2007 pada musim basah (September – Februari) kondisinya berfluktuasi, pada Grafik 4-3 dapat dilihat pada pola 1 dari tahun 2002 nilai *red edge* berkisar antara 23 hingga 75, selanjutnya nilai *red edge* sedikit mengalami peningkatan di tahun 2003 dan tahun 2004, dimana di tahun 2004 nilai *red edge* berkisar antara 35 hingga 83. Sedangkan di tahun 2005 mengalami peningkatan lagi hingga nilai *red edge* berkisar antara 25 hingga 90, selanjutnya di tahun 2006 mengalami penurunan hingga nilai *red edge* berkisar antara 20 hingga 70. Seiring dilakukannya perlakuan pemulihan di tahun 2006 dengan cara bioremediasi dan solidifikasi (Pertamina, 2006), sehingga di tahun 2007 nilai *red edge* mengalami peningkatan kembali yang cukup tajam berkisar antara 45 hingga 75.

Nilai *red edge* hasil pengolahan dari citra landsat pada Grafik 4-4 pada pola 2 dapat dilihat bahwa tahun 2002 hingga tahun 2007 kondisinya juga berfluktuasi. Pada tahun 2002 nilai *red edge* berkisar antara 20 hingga 90, selanjutnya di tahun 2003 hasil pengolahan nilai *red edge*-nya hampir sama dengan kondisi pada tahun 2002. Sedangkan pada tahun 2004 nilai *red edge* mengalami peningkatan hingga nilai *red edge* berkisar antara 45 hingga 105. Selanjutnya di tahun 2005 sedikit mengalami penurunan dengan nilai *red edge* berkisar antara 30 hingga 105, sedangkan di akhir tahun 2005 nilai *red edge* mengalami penurunan lagi berkisar antara 30 hingga 90. Pada tahun 2006 seiring dilakukannya perlakuan pemulihan kondisi lingkungan berupa bioremediasi dan solidifikasi (Pertamina, 2006), nilai *red edge* mengalami sedikit peningkatan mencapai 50 hingga 80, selanjutnya pada tahun 2007 mengalami penurunan kembali dengan nilai *red edge* berkisar antara 30 hingga 70.

Pada Grafik 4-5 hasil pengolahan Landsat diperoleh nilai *red edge* pada pola 3, dapat dilihat bahwa tahun 2002 seiring dilakukannya perlakuan pemulihan lahan terkontaminasi berupa netralisasi nilai *red edge* berkisar antara 65 hingga 70, sedangkan pada tahun 2003 sedikit mengalami penurunan nilai *red edge* berkisar antara 55 hingga 58. Pada tahun 2003 bersamaan dilakukannya pemulihan lahan terkontaminasi limbah B3 diperoleh hasil pengolahan nilai *red edge* pada tahun 2004 mengalami

peningkatan dengan nilai *red edge* berkisar antara 65 hingga 80, kondisi ini bertahan hingga sampai pada pertengahan tahun 2005 (bulan September 2005), sedangkan pada akhir tahun 2005 (bulan November hingga bulan Desember 2005) nilai *red edge* berkisar antara 40 hingga 70. Pada tahun 2006 seiring dilakukannya perlakuan pemulihan kondisi lingkungan berupa bioremediasi dan solidifikasi (Pertamina, 2006), nilai *red edge* meningkat mencapai 95 hingga 110, selanjutnya pada akhir tahun 2007 sedikit mengalami penurunan kembali dengan nilai *red edge* berkisar antara 85 hingga 100.

5. Kesimpulan

- Hasil pengolahan citra landsat untuk *red edge* dibedakan dalam 2 (dua) musim yaitu musim kering (Maret – Agustus) dan musim basah (September – Februari), dengan nilai *red edge* pada musim kering berkisar antara 10 hingga 110 dan pada musim basah nilai *red edge* berkisar antara 20 hingga 110.
- Hasil penelitian dengan menggunakan metode *red edge* ini belum dapat menggambarkan kondisi lahan yang telah dilakukan pemulihan lahan terkontaminasi, dimana daerah penelitian telah dilakukan pemulihan lahan antara: netralisasi, bioremediasi, solidifikasi dan pematian pergerakan *acid sludge*.
- Penggunaan metode *Red Edge* masih sulit diterapkan untuk data resolusi spektral rendah hingga menengah (Landsat), *Red Edge* dapat dilihat pergeserannya berdasarkan data *hyperspectral*.

6. Daftar Rujukan

- Agatsiva, J., and OR Oda, 2002. RS & GIS in the development of decision support system for sustainable management of the drylands of eastern Africa, . A Case study of the Kenyan dryland, Internatinal Archives of the Photogrametry, RS & Spatial Information Sciences, 34: 42-49
- Cloutis, E.A. 1989. Spectral reflectance properties of hydrocarbons: Remote Sensing implications Science, 245, 165-168.
- Gates, D.M.; Keegan, H.J.; Schleter, J.C.; Weidner, V.R. 1965. Spectral properties of plants, *Appl. Opt.*, 4, 11-20.
- Guyot, G., Baret, F. Jacquemoud, S. 1992. Imaging Spectroscopy for vegetation studies. In *Imaging Spectroscopy: Fundamentals and Prospective Applications*; Toselli, F., Boodechtel, J., Eds.; Kluwer Academic Publishers: Norwell, MA, USA, Volume 2, pp. 145-165.
- Horler D.N.H., Barber, J., Barringer, A.R., 1980. *Effects of heavy metals on the absorbance and reflectance spectra of plants*. Int. J. Remote Sensing I: 121 – 136.
- Horler D.N.H., Dockray, M., Barber, J. 1983. *The red edge of plant leaf reflectance*. Int. J. Remote Sensing. 4, 273-288.
- Pertamina, 2012. *Laporan Progress Pemulihan Lahan Terkontaminasi Acid Sludge di Main Flare*. Pertamina Refinery Unit V, Balikpapan.
- Ray, T.W., Murray, B.C., Chehbouni, A., Njoku, E. 1993. The red edge in arid region vegetation: 340-1060 nm spectra. In *Summaries of the Fourth Annual JPL Airborne Geoscience Workshop*, JPL Publication 93-26; Jet Propulsion Laboratory: Pasadena, CA, USA, pp. 149-52.

- Reusen, I.; Bertels, L.; Debruyne, W.; Deronde, B.; Fransaer, D.; Sterckx, S. 2003. Species Identification and Stress Detection of Heavy-Metal Contaminated Trees. In Proceedings of U.S. EPA Spectral Remote Sensing of Vegetation Conference, , March 12-14. 2003. Las Vegas, NV, USA.
- Rock, B.N.; Hoshizaki, T.; Miller, J.R. 1988. Comparison of in situ and airborne spectral measurements of the blue shift associated with forest decline. *Remote Sens. Environ*, 24, 109-127.
- Singhroy V., F. Kuhn, 1996. *Remote Sensing for characterizing and Monitoring of Hazardous Waste Sites – Case Studies in Canada and Germany*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol XXXI. Part B7. Vienna.
- Slonecker T., Fisher, G.B., Aiello, D.P., and Haack B. 2010. *Visible and Infrared Remote Imaging of Hazardous Waste : A Review*. *Remote Sensing*. 2010, 2, 2474-2508; doi : 10.3390/rs2112474.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). 1998, *Characterization of building-related construction and demolition debris in the United States*, report no. EPA530-R-98-010, U.S. Environmental Protection Agency Municipal and Industrial Solid Waste Division Office of Solid Waste.
- yantihistoria.blogspot.com/2012/05/globalisasi-dan-lingkungan-hidup.html