



KARAKTERISTIK SPEKTRAL ELEKTROMAGNETIK SPECIES DOMINAN PADA HUTAN RAWA GAMBUT KALIMANTAN TENGAH

(*Electromagnetic Spectral Characteristics of Dominant Species at the Peat-Swamp
Forest at Central Kalimantan*)

Hendrik Segah^{1*}, Freddy Wijaya¹, Laju Gandharum² dan Hiroshi Tani³

¹⁾ Jurusan Kehutanan, Faperta, Universitas Palangka Raya, Palangka Raya 73112
Kalimantan Tengah – INDONESIA

²⁾ Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jakarta – INDONESIA

³⁾ Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060-0809 JAPAN

^{*)} CP. E-mail: segah@for.upr.ac.id; hsegah@gmail.com

ABSTRACT

This paper reports the results of the spectral library from dominant trees in peat-forest in Central Kalimantan, Indonesia supported under JST-JICA Project: "Wild Fire and Carbon Management in Peat Forest in Indonesia". Spectral libraries are commonly established as a means to archive representative signatures of natural materials. Such signatures can then be used to train feature extraction and classification algorithms applied to remote sensing data imagery. Spectral analyses were performed to the 33 dominant species in peat-forest in Central Kalimantan, Indonesia obtained during the field survey measurement (in-situ measurements) and airborne campaign by HYMAP sensor in 2011-2014. We found, each vegetation type has unique spectral signature or characteristics. The shapes of reflectance spectra can be used for identification of vegetation types combine with remote sensing data (airborne and satellite images).

Keywords: *Spectral library/signature, Peat-Forest, Spectroradiometer, Vegetation and Kalimantan*

PENDAHULUAN

Aplikasi teknologi penginderaan jauh dalam keakurasiannya pada identifikasi bidang pertanian dan vegetasi hutan telah terus meningkat dalam beberapa tahun terakhir karena perbaikan dalam resolusi spasial dan spektral citra penginderaan jauh dimaksud. Terdapat minat yang tumbuh pesat dalam metode untuk identifikasi tanaman secara otomatis, terutama dalam penelitian pertanian dan kehutanan. Inovasi dalam

sensor yang memungkinkan koneksi dari penginderaan jauh dengan metode

spektroskopi (Kuusk *et al.*, 2004; Raymond *et al.*, 2003).

Pustaka spektral merupakan "satu set kelas atau *end member spektrum* dirujuk selama proses ekstraksi fitur dari data *hyperspectral*". Hal ini dapat dijelaskan lebih lanjut sebagai kumpulan plot spektral yang sedang disusun sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam ekstraksi informasi dari data

hyperspectral. Pantulan radiasi dari hutan di bawah lantai dan vegetasi tanah, khususnya, memainkan peran penting dalam membentuk total pantulan hutan (Danson *et al.*, 1993). Reflektan spectroscopy dapat digunakan tanpa memerlukan preparasi sampel, tidak merusak (*non-destructive*), dan dapat diikuti di pesawat dan sensor satelit. Umumnya material permukaan bumi, memiliki nilai reflektan di dalam spektrum rentang panjang gelombang 400-2500 nm. Sejak hasil diagnosa menunjukkan bahwa setiap material dapat dilihat pada kanal spektral yang sempit, perbedaan antara material-material tersebut dapat dibedakan.

Kegiatan survey lapangan adalah cara yang paling umum dan paling mudah untuk mengumpulkan objek spektrum jenis tutupan lahan atau vegetasi yang berbeda, dan metode ini menghasilkan hasil yang dapat atau dengan mudah disusun menjadi pustaka spektral perpustakaan (Alvin Lau and Mazlan Hashim, 2007; Kuusk *et al.*, 2004). Selanjutnya, untuk melaksanakan survey lapangan, sebuah spektrometri yang digunakan untuk mencatat spektrum yang diterima dari objek penelitian.

METODOLOGI

Areal Penelitian

Areal penelitian terletak di kawasan hutan rawa gambut tropis di sebelah Selatan Kota Palangka Raya, ibukota Provinsi Kalimantan Tengah, Indonesia (Gambar 1) dan sekitar 120 km dari laut Jawa dengan ketinggian antara 15-20 m di atas permukaan laut (Shimada *et al.*, 2001; Weiss *et al.*, 2002). Rawa gambut mencakup wilayah yang luas dari dataran

rendah Kalimantan, dengan perkiraan bervariasi antara 8% dan 11% (MacKinnon *et al.*, 1996). Wilayah administrasi Provinsi Kalimantan Tengah adalah seluas 153.564 km², yang terdiri dari sebagian besar hutan (mencapai 126.200 km² atau sekitar 82,18%), rawa (11,80%), sungai dan danau (2,97%), dan lahan pertanian (3,05%).

Kalimantan Tengah mengandung sekitar tiga juta hektar lahan gambut yang merupakan salah satu lahan gambut terbesar di dunia dan terletak di antara 0° 45' N dan 3° 3'S, antara 111° dan 116°E. Survei lapangan dan pengukuran koleksi data/pustaka spectral dilakukan di daerah penelitian pada Juli 2011, Juli 2013 dan Agustus-September 2014.

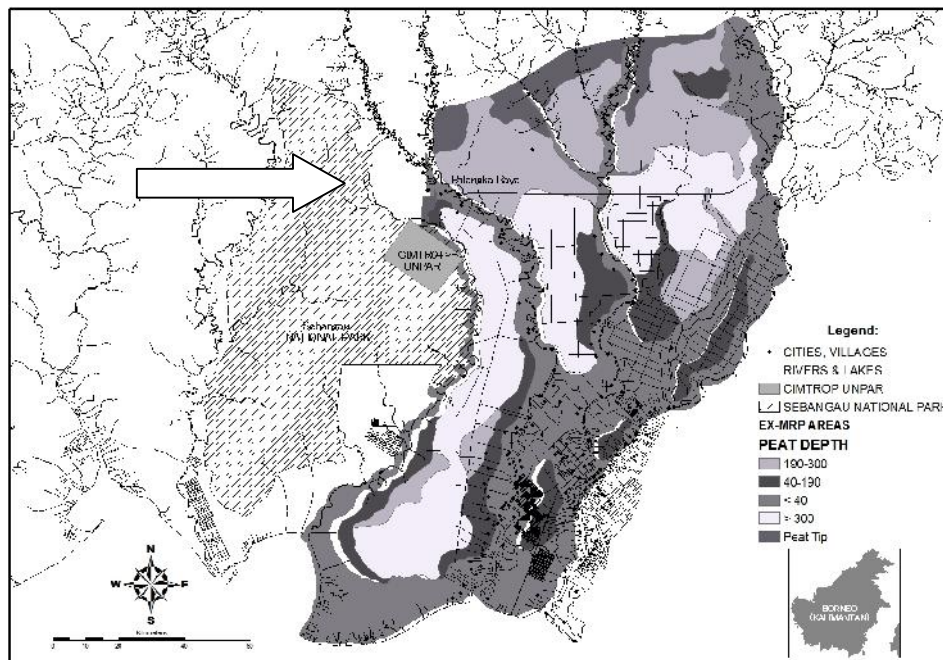
Alat dan Analisis Data

Pengukuran spektrum reflektansi vegetasi dilakukan menggunakan Analytical Spectral Devices (ASD) FieldSpec Pro-FR Spectroradiometer (FieldSpec 3 FR) pada spektrum 350-2500 nm dan waktu pengumpulan data yang cepat dari 0,1 detik per spektrum. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan data dan pustaka spektral pohon/species yang ada di hutan gambut menggunakan spektrometri. Instrumen spektrometri menggunakan tiga detektor yang mencakup gelombang tampak dan inframerah dekat (VNIR) dan gelombang pendek inframerah (SWIR1 dan SWIR2). FieldSpec spektrometri dirancang khusus untuk lingkungan penginderaan jauh di lapangan untuk memperoleh spectrum VNIR dan SWIR secara tepat dan akurat.

Sebuah kontak probe-optik digunakan untuk meminimalkan efek BRDF (*bidirectional reflectance*

distribution function) dari permukaan yang mengkilap. Pengukuran dilakukan dengan setup laboratorium yang standar (Pfitzner *et al.*, 2006) menggunakan

menggunakan teknik pengumpulan spectrum yang tradisional (Mac Arthur, 2007). Spektrometer dan kontak probe dihangatkan sebelum digunakan masing-masing selama 90 menit dan 30 menit.



Gambar 1. Lokasi penelitian di sebelah Selatan Kota Palangkaraya

kontak probe optic intensitas tinggi pada 30° dari titik nadir. ASD Probe kontak dilengkapi dengan sumber cahaya internal (lampu halogen berkekuatan 6,5 W, dengan suhu warna $2901 \pm 10\%$ K). Ukuran tempat probe kontak memiliki diameter 22 mm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Kontak probe adalah metode alternatif untuk koleksi spektrum secara laboratorium, karena pada spektrum SWIR dikumpulkan ditemukan menunjukkan peningkatan sinyal terhadap noise/gangguan di atmosfer (S:N) rasio, standar deviasi yang lebih rendah dan ketidakpastian, serta kurang intrinsik dari spektrum yang dikumpulkan dengan

Pengukuran referensi warna putih sebagai standar (white reference) juga dilakukan sebelum setiap obyek (daun masing-masing pohon) menjadi sampel. Pengukuran spektral dilakukan pada masing-masing jenis pohon rata-rata 30 kali pengukuran.

HASIL PENELITIAN

Sampel dari pengukuran pustaka spektrum dari 10 species pohon dominan di hutan gambut di Kalimantan Tengah ditunjukkan pada Gambar 3 dari total 33 species selama survei lapangan dan pengukuran secara penuh pada rentang panjang gelombang 350-2500 nm. Definisi pohon yang dominan adalah pohon (*atau*

semak) dengan tajuk menerima cahaya penuh dari atas dan sebagian dari samping; biasanya lebih besar dari rata-rata pohon atau semak berdiri, dengan tajuk yang besar di atas tingkat kanopi pada umumnya dan yang berkembang dengan baik, juga kanopi yang rapat pada bagian sisinya. Sebuah pohon yang dominan adalah berdiri tegak dari atas sampai sampai bawah tajuknya yang berada di atas semua pohon disekitarnya. Dalam beberapa kasus, sejumlah pohon muda dan kuat tetapi tidak tertutup oleh pohon dominan didekatnya. Pohon kecil ini mungkin jauh lebih pendek dari yang dominan, tapi masih menerima cahaya penuh dari atas dan sebagian dari sisi.

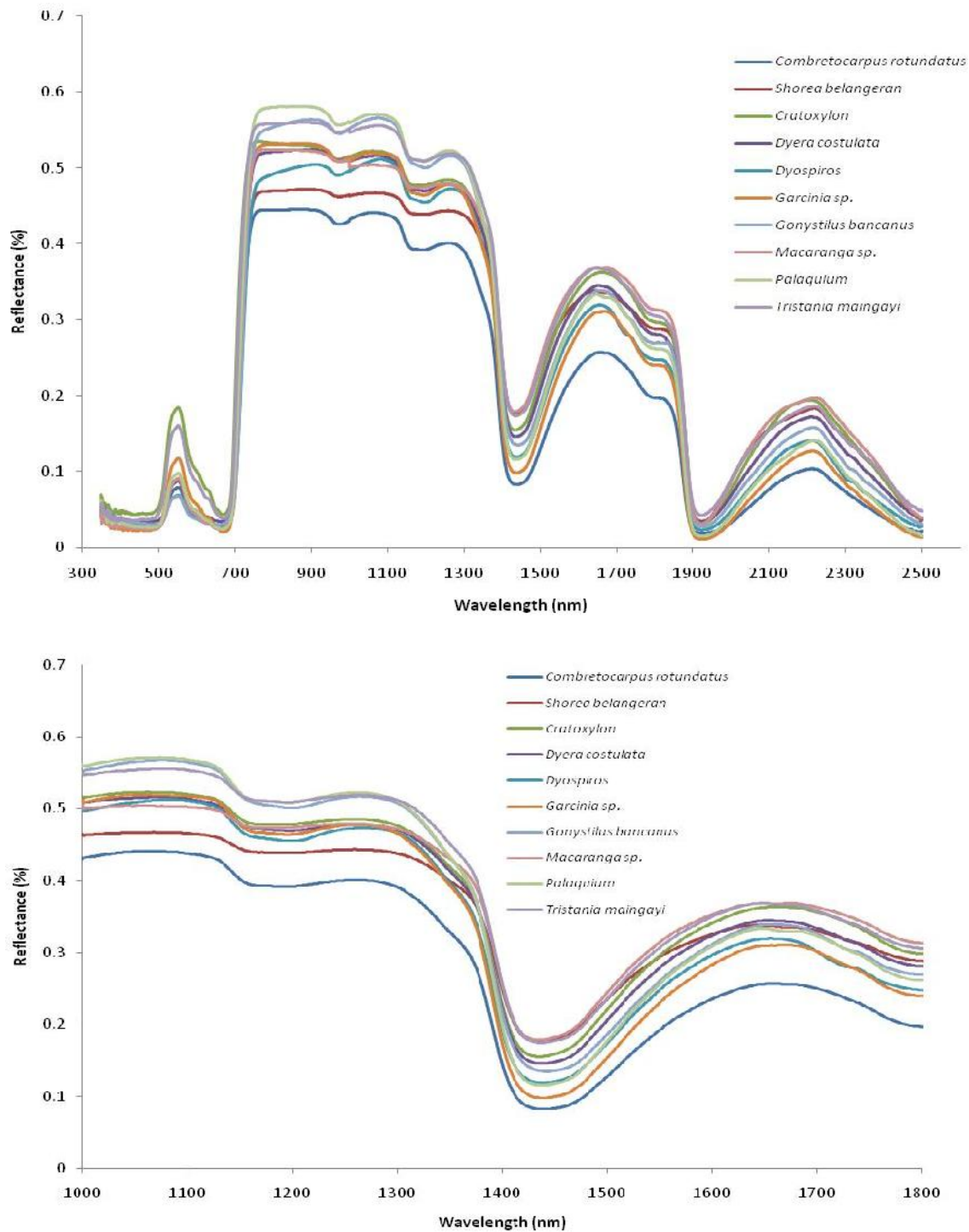
Spektrum yang dihasilkan dalam penelitian ini menunjukkan variasi dasar dalam bentuk spektral dari panjang gelombang tampak sampai gelombang pendek inframerah (350-2500 nm). Pengukuran dilakukan pada 33 spesies pohon hutan rawa gambut tropis dari berbagai lokasi di wilayah studi. Gambar 4 juga menyajikan contoh-contoh dari spektral reflektansi dari 10 jenis pohon dominan gambut hutan pada panjang gelombang SWIR (1000-1800 nm) dengan berbagai karakteristik khusus, yakni pada jenis Tumeh (*Combretocarpus rotundatus*) yang selalu mempunyai nilai reflektansi terendah dari jenis pohon lainnya seperti



Gambar 2. Survei lapangan, pengukuran dan pengumpulan data pustaka spektral

Dalam lingkungan terdekatnya sendiri, pohon muda tersebut termasuk dalam pohon dominan dan harus dicatat sebagaimana mestinya (Raulier *et al.*, 2003; Silman *et al.*, 2003).

belangeran (*Shorea Belangeran*), gerunggang (*Cratoxylon sp.*), jelutung (*Dyera costulata*), kayu hitam (*Dyospiros sp.*), manggis hutan (*Garcinia sp.*), ramin (*Gonystilus bancanus*), mahang (*Macaranga sp.*), nyatoh (*Palaquium sp.*), dan kayu pelawan (*Tristania maingayi*).



Gambar 3. Reflektansi spektral dari 10 spesies gambut hutan pada rentang panjang gelombang 350 nm – 2500 nm (atas) dan panjang gelombang SWIR 1000 nm – 1800 nm (bawah)

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4, variabilitas yang disebabkan terutama oleh in-homogenitas spasial dari kanopi dan masing-masing spesies. Jika kita membuat serangkaian pengukuran spektrometer tanpa bergerak, maka variabilitas (yang disebabkan oleh gangguan atmosfer dan kemungkinan perubahan dalam pencahayaan) adalah beberapa kali lebih kecil (Abbasia *et al.*, 2008; Kuusk *et al.*, 2004). Namun, meskipun pengukuran spektral sangat penting, sifat optik daun saja tidak cukup untuk secara eksplisit secara spektral mampu membedakan jenis pohon seperti di ekosistem gambut-hutan di Kalimantan Tengah. Sehingga komponen kanopi lainnya seperti cabang kulit, ranting dan pohon-pohon di bawah tajuk harus dipertimbangkan untuk dilakukan pengukuran pustaka spektralnya.

DISKUSI DAN KESIMPULAN

Pengukuran dan analisis spektral dilakukan selama kegiatan survey lapangan untuk spektrum 33 jenis pohon/vegetasi penutup hutan gambut tropis dan menemukan bahwa spektrum vegetasi sangat sensitif terhadap parameter lingkungan seperti kondisi daun, parameter fisiologis dan biokimia lainnya. Koleksi data pustaka spektral adalah arsip data yang terdiri dari tanda/karakteristik spektral yang diukur pada bahan-bahan alami dan/atau bahan buatan manusia yang terseleksi. Data pustaka spektral ini juga harus mencakup perekaman catatan meta-data (informasi) obyek yang dipilih tersebut.

Terdapat dua tujuan potensial prinsip dari pengumpulan koleksi data spektral ini, yakni: penggunaan data dalam penginderaan jauh sebagai pengukuran cahaya/pantulan untuk kalibrasi in-situ, dan end-members selection untuk pengolahan data selanjutnya termasuk analisis citra penginderaan jauh (Selige *et al.*, 2006).

Hasil pengukuran dan analisis data spektral vegetasi yang diperoleh langsung di lapangan dan di laboratorium dapat langsung diaplikasikan ke data penginderaan jauh,

khususnya menggunakan sensor hyperspektral. Analisis ini juga menyoroti integrasi pengukuran in-situ dengan data penginderaan jauh (airborne atau space-borne) untuk identifikasi secara otomatis dan diskriminasi dari berbagai jenis/vegetasi di wilayah studi.

Kegiatan update atau pembaharuan data pustaka spektral untuk vegetasi di hutan gambut tropis telah menyediakan koleksi awal spektrum meliputi rentang panjang gelombang 350-2500 nm yang memungkinkan untuk pemodelan vegetasi dan sifat dasar penutupan lahan oleh inferensi statistik. Penelitian ini telah menghasilkan untuk pertama kali data pustaka spektral dari jenis pohon hutan yang dominan dari gambut-hutan di Kalimantan Tengah (Indonesia) dengan mempertimbangkan berbagai variasi spektral dari vegetasi/species yang diharapkan diukur dalam kondisi pencahayaan alami.

Sementara itu, data pustaka spektral dari pengukuran langsung di lapangan dan dari sensor hyperspectral dapat mengumpulkan data reflektansi spektral secara terus menerus akan memungkinkan klasifikasi jenis/species di hutan gambut tropis, diskriminasi spesies tanaman/pohon (melalui parameter biofisik), degradasi hutan, jenis tanah dan sebagainya. Kegiatan ini juga bisa mendukung terintegrasinya Pengukuran, Pelaporan dan Verifikasi (MRV) dari Program Pengurangan Emisi dari Deforestasi dan Degradasi Hutan (REDD+) di Indonesia. Sistem pemantauan ini memungkinkan pengukuran yang kredibel, sehingga pelaporan dan verifikasi kegiatan REDD+ adalah salah satu elemen yang paling penting untuk keberhasilan pelaksanaan mekanisme REDD+ nantinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh Hokkaido University melalui JST-JICA SATREPS Project Project "Wild Fire and Carbon Management in Peat-Forest in Indonesia" (2009-2014) bekerja-sama dengan Universitas

Palangka Raya (UNPAR) dan Badan Indonesia Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). Para penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Dr. Suwido H. Limin, Ici P. Kulu, Kitso Kusin dan staf dari Centre for International Management of Tropical Peatland (CIMTROP) UNPAR, Kalimantan Tengah, Indonesia untuk dukungan dan bantuan mereka selama survey lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasia, M., Schaepmanb, M.E., Darvishsefata, A., Bartholomeusb, H.M., Marvi Mohajera, M.R. and Sobhania, H. (2008) Spectroradiometric measurements of tree species in the Caspian Forests of Iran. Proceedings of the International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B7. Beijing, China.
- Alvin Lau and Mazlan Hashim (2007) The Design and Building of Spectral Library of Tropical Rain Forest in Malaysia. Proceedings of the 28th Asian Conference on Remote Sensing, Kuala Lumpur, Malaysia, 12-16 November 2007. Asian Association of Remote Sensing(AARS).
- Kuusik, A., Lang, M., and Nilson, T. (2004) Simulation of the reflectance of ground vegetation in sub-boreal forests. *Agricultural and Forest Meteorology* **126**, 33–46.
- Danson, F.M., and Curran, P.J. (1993) Factors affecting the remotely sensed response of coniferous forest plantations. *Remote Sensing of Environment* **43** (1), 55–65.
- Raulier, F., Lambert, Marie-Claude., Pothier, D., and Ung, C.H. (2003) Impact of dominant tree dynamics on site index curves. *Forest Ecology and Management* **184**, 65–78.
- Mac Arthur, A. (2007) Field Guide for the ASD FieldSpec Pro-White Reference Mode. Version 2. Natural Environment Research Council Field Spectroscopy Facility. Available online at http://fsf.nerc.ac.uk/resources/guides/pdf_guides/asd_guide_v2_wr.pdf, (accessed on 1 March 2012)
- MacKinnon, K., Hatta, G., Halim, H. and Mangalik, A. (1996) The Ecology of Kalimantan, pp. 802. Oxford University Press UK.
- Silman, M.R., Terborgh, J.W., and Kiltie, R. A. (2003) Population regulation of a dominant rain forest tree by a major seed predator. *Ecology* **84** (2), 431–438.
- Pfitzer, K., Bollhöfer, A. and Carr, G. (2006) A standard design for collecting vegetation reference spectra: Implementation and implications for data sharing. *Journal of Spatial Sciences* **52**, 79–92.
- Raymond F. Kokaly, Don G. Despain, Roger N. Clark and Eric Livo (2003) Mapping vegetation in Yellowstone National Park using spectral feature analysis of AVIRIS data. *Remote Sensing of Environment* **84**, 437–456.
- Selige, T., Bohner, J. and Schmidhalter, U. (2006) High resolution topsoil mapping using hyperspectral image and field data in multivariate regression modeling procedures. *Geoderma* **136**, 235–244.
- Shimada, S., Takahashi, H., Haraguchi, A. and Kaneko, M. (2001) The carbon content characteristics of tropical peats in Central Kalimantan, Indonesia; Estimating their spatial variability in density. *Biogeochemistry* **53**, 249–267.
- Weiss, D., Shotyk, W., Rieley, J., Page, S., Gloor, M., Reese, S. and Martinez-Cortizas, A. (2002) The geochemistry of major and selected trace elements in a forested peat bog, Kalimantan, SE Asia, and its implications for past atmospheric dust deposition. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **66**, 2307–2323.