

**PEMANTAUAN MUD VOLCANO
DENGAN PENGINDERAAN JAUH**

***REMOTE MONITORING OF A MUD
VOLCANO***

ADAM THOMAS
(FUGRO NPA LIMITED),
CHRIS MEIKLE & DAVID SHILSTON
(ATKINS LIMITED)

http://www.geoconnexion.com/uploads/mudvolcano_intv9i4.pdf

Suatu uraian dan penjelasan ilmiah bagaimana citra satelit (*satellite image*) menjadi salah satu alat bantu yang lebih baik (*significant tool*) dalam memahami Geologi dari Lusi Mud Volcano di Indonesia, serta dampak pada Lingkungan dan Demografi yang ditimbulkannya

Dengan Catatan dan Komentar

Dikontribusikan oleh:
Hardi Prasetyo
Mei 2010

Umum



Gambar 1 (sebagai gambar judul) memperlihatkan pertahanan Tanggul dan upaya mengalirkan Lusi ke selatan.

Nama LUSI dalam bahasa Indonesia sehari-hari sebagai gunung lumpur (Lumpur - Sidoarjo) mulai menyembur pada tanggal 29 Mei 2006, selama pengeboran sebuah eksplorasi sumur gas di Kecamatan Porong Jawa, Indonesia.

Catatan :

Persepsi penulis makalah bahwa Lusi dipicu oleh Pemboran sumur BJP-1.

Selama 3 ½ tahun terakhir, luapan lumpur panas **beracun** dari LUSI terus menerus berlangsung dengan intensitas antara 100.000 dan 160.000 meter kubik per hari dan luas kawasan yang ditenggelamkan sekitar 6,4 persegi kilometer. Walaupun upaya oleh otoritas setempat untuk mengamankan luapan antara lain dengan pembangunan bendungan yang besar (Gambar 1 & 2).

Catatan:

Dipersepsikan Lusi beracun sebagai 'the continuous flow of hot toxic mud from LUSI', pada email berikutnya akan dikoreksi.

Semburan mud volcano Lusi telah menyebabkan tiga belas orang meninggal dunia, pengungsian lebih dari 30.000 orang. Luapan lumpur juga telah menenggelamkan rumah tinggal, pabrik, lahan pertanian dan Jalan Tol Surabaya-Gempol.

Disamping itu telah diposisikan tingkat bahaya atau adanya risiko terhadap keberadaan rel kereta api, air permukaan dan jaringan drainase irigasi, ekosistem, dan jaringan pipa air dan gas, dan kabel *fibre-optic* yang menghubungkan Surabaya dengan Kawasan Timur Indonesia.



GAMBAR 2. Dampak dari genangan lumpur. Catatan kedalaman lumpur dalam kaitannya dengan tingginya atap bangunan yang berdekatan ke Kolam Lusi. Foto diambil 29 Mei 2007. © Atkins Ltd 2007.

Dampak berkelanjutan dari semburan LUSI terhadap fisik, ekonomi dan politik telah didokumentasikan secara luas di surat kabar, pada internet dan dalam jurnal akademik.

Namun asal mula (*origin*) dari mud volcano LUSI masih menjadi hal kontroversi, dengan dua hipotesis yang saling bersebrangan.

Catatan:

Dua hipotesis kontroversi tentang asal mula (Origin) Lusi, serta Lusi sebagai mud volcano telah semakin diterima secara universal

Yang pertama mengusulkan bahwa letusan itu adalah hasil dari sebuah ledakan bawah tanah yang disebabkan oleh pengeboran dari sumur eksplorasi gas (*result of an underground blowout caused by the drilling of an exploratory gas well*).

Hipotesis kedua menyarankan bahwa mud volcano Lusi dipicu oleh gempa bumi yang terjadi dua hari sebelumnya, pada jarak 300 kilometer sebelah barat Porong, yang selanjutnya mengaktifkan kembali sistem patahan lokal, yang pada gilirannya berperan sebagai saluran untuk keluarnya lumpur.

Catatan:

Pengendali telah diadopsi mekanisme Lusi dipicu oleh gempabumi dari Mazinni dkk., 2007, yaitu mengaktifkan kembali Sistem Patahan Watukosek, menimbulkan rekahan (fractures), sebagai conduit semburan,

Dalam periode awal pascaerupsi LUSI, perhatian dari komunitas lokal masih cukup besar. Masyarakat ingin mengetahui apa dampak dari semburan lumpur yang sedang terjadi (what impact the erupting mud was going to have), berapa lama akan berlangsung (how long it would last) dan tindakan mitigasi apa yang akan diimplementasikan (what mitigating measures would be implemented).

Pemantauan Bahaya

Saat Atkins pada bulan Mei 2007 mengunjungi lokasi, LUSI telah menyembur selama 1 tahun dan perkiraan terbaik panjang umur (durasi) bahwa ia akan terus menyembur selama beberapa dekade.

Catatan:

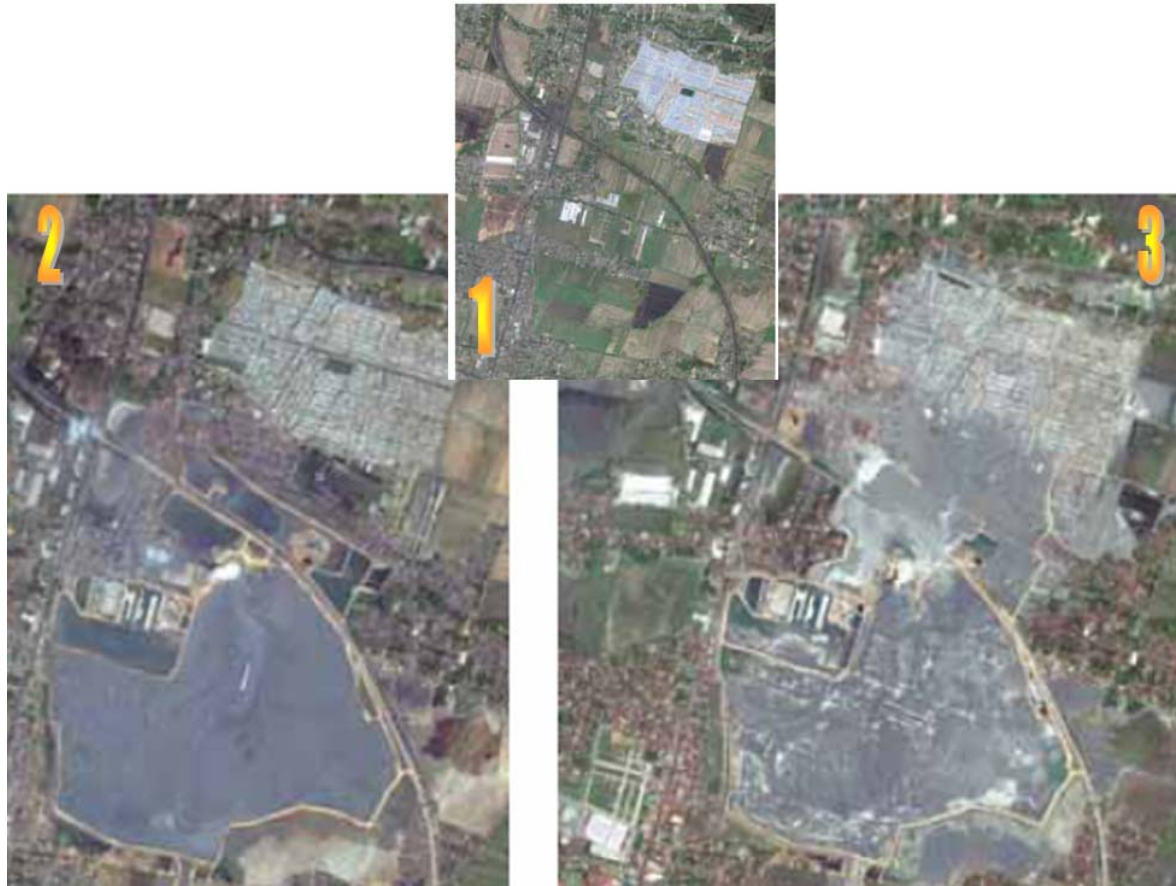
Pernyataan durasi Lusi dapat berlanjut menyembur sampai kurun waktu dekade.

Penilaian tentang perilaku LUSI's dan risiko yang ditimbulkan (*LUSI's behaviour and the risk*) terhadap properti lokal, industri dan usaha pada bulan-bulan dan tahun-tahun mendatang sangat penting diperkirakan (*tentative*).

Dapat disimpulkan bahwa program pemantauan bahaya (*a programme of hazard monitoring*) menggunakan satelit penginderaan (*satellite remote sensing*) jauh menjadi yang terbaik dalam memenuhi kebutuhan untuk secara periodik dapat memperbarui (*for regularly updating*) pengkajian risiko awal (*the initial risk assessment*).

Catatan:

Pernyataan bahwa pemantauan menggunakan satelit penginderaan jauh merupakan teknologi yang terbaik dalam memperbarui pengkajian risiko awal dan bencana Lusi



GAMBAR 3. Urutan gambar satelit IKONOS yang tersedia di lokasi gunung lumpur (tengah gambar). Gambar diambil pada November 14 2002 (tengah atas), 31 Oktober 2006 (kiri) dan 5 Januari 2007 (kanan). Gambar © GeoEye dan Fugro NPA Ltd 2009.

Pemetaan satelit yang khusus Fugro NPA telah membantu Atkins dalam merancang dan melaksanakan program pemantauan bahaya secara jarak jauh (*design and implement a remote hazard monitoring programme*) sesuai permintaan klien dari Atkins.

Program ini dibuat menggunakan dua jenis pemetaan satelit, interpretasi citra optik VHR (Resolusi Sangat Tinggi) untuk mengkaji evolusi genangan lumpur, dan InSAR (*Interferometric Synthetic Aperture Radar = interferometri Synthetic Aperture Radar*) untuk mengkaji stabilitas tanah. Citra satelit tersebut dibeli dan diproses oleh Fugro NPA dan lebih lanjut dianalisis oleh spesialis di Atkins.

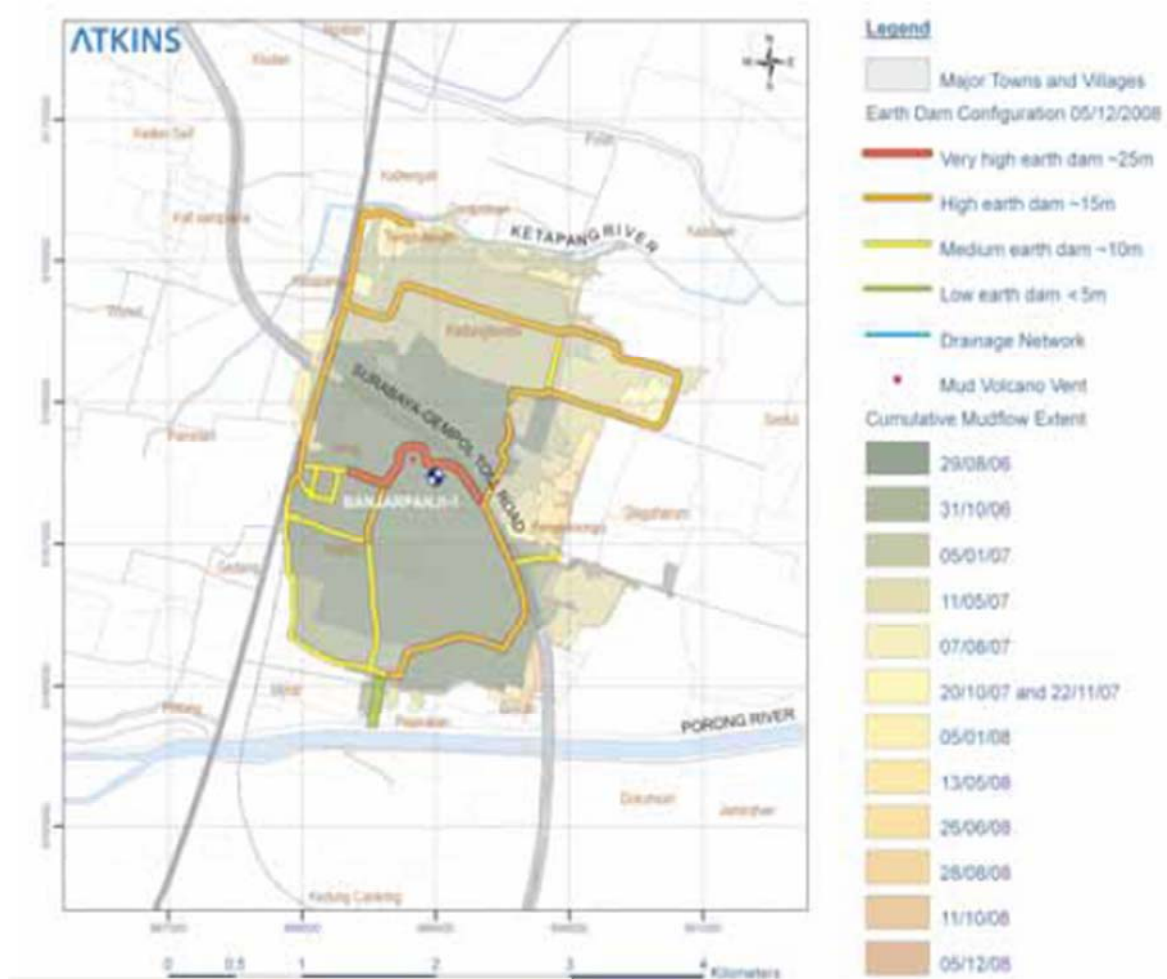
Dampak fisik dari LUSI telah diamati dan dicatat secara berkala menggunakan citra optik yang diperoleh VHR dari Satelit IKONOS dan Quickbird (Gambar 3).

Perbandingan telah dibuat antara gambar yang diambil setiap 1 sampai 3 bulan, sehingga memungkinkan dilakukan pengkajian secara lebih baik lagi.

Evolusi Luapan Lumpur (*Mud flow evolution*)

Selama analisis citra optik VHR, perhatian telah difokuskan untuk mendapatkan distribusi lumpur dari kawah (*the distribution of mudflows from the vent*), konstruksi dan kinerja bendungan-bendungan (*the construction and performance of the earth dams*), perubahan

perilaku di daerah dekat sungai (*in behaviour of the nearby rivers*), perubahan tata guna lahan (*land use*), distribusi banjir air permukaan (*distribution of surface water flooding*), dan lateral migrasi dari ventilasi gunung lumpur. Semua data yang diamati dicatat dalam sebuah geodatabase (Gambar 4).



Gambar 4: Sebuah ekstraksi dari database-geo (2008/5/12) digunakan untuk merekam perubahan fisik yang terkait dengan gunung lumpur LUSI. Image © Atkins Ltd 2009.

Catatan:

Tanggul diklasifikasikan sebagai Tanggul : 1) Tanggul sangat tinggi (*very high earth dam*) dengan ketinggian 25 m, 2) *High earth dam* (~15m), 3) *Medium earth dam* (~10 m), 4) *Low earth dam* (<5m).

Kumulatif perluasan luapan lumpur (*cumulative mudflow extend*): a) 29 Agustus 2006, b) 31 Oktober 2006, c) 5 Januari 2007, d) 11 Mei 2007, e) 7 Juni 2007, f) 22 Oktober dan November 2007, g) 5 Januari 2008, h) 13 Mei 2008, i) 25 Juni 2008, j) 28 Agustus 2008, k) 11 Oktober 2008; dan l) 5 Desember 2008. **Data tersebut dapat digunakan sebagai cross check.**

Stabilitas Tanah (*Ground Stability*)

Selain perubahan yang terjadi di permukaan (*surface changes*) akibat genangan lumpur (*mud inundation*), maka fenomena amblesan tanah (*ground subsidence*) karena hilangnya bahan dari bawah permukaan (*withdrawal of material from subsurface levels*) menjadi bagian dari perhatian utama.

Lebih lanjut ke dampak dari penurunan tersebut pada lingkungan dan infrastruktur lokal, lokasi dan besarnya sinyal penurunan (*the location and magnitude of the subsidence signals*) juga memberikan informasi berharga tentang struktur bawah permukaan (*subsurface structure*) dan dinamika gunung lumpur (*dynamics of the mud volcano*), menjadi bagian penting untuk memahami risiko yang sedang berlangsung (*understanding the ongoing risks*).

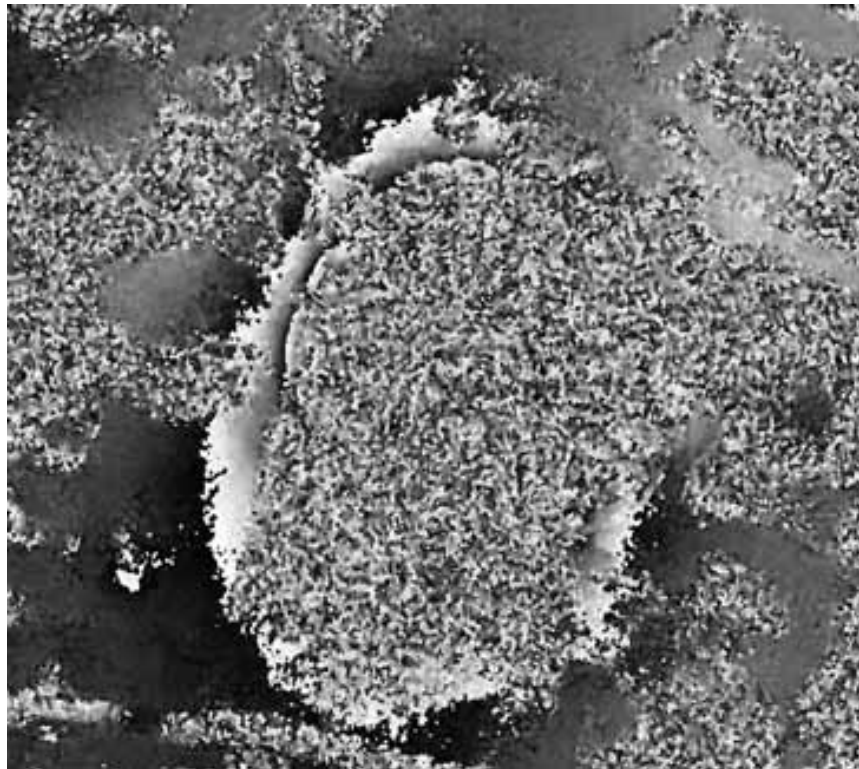
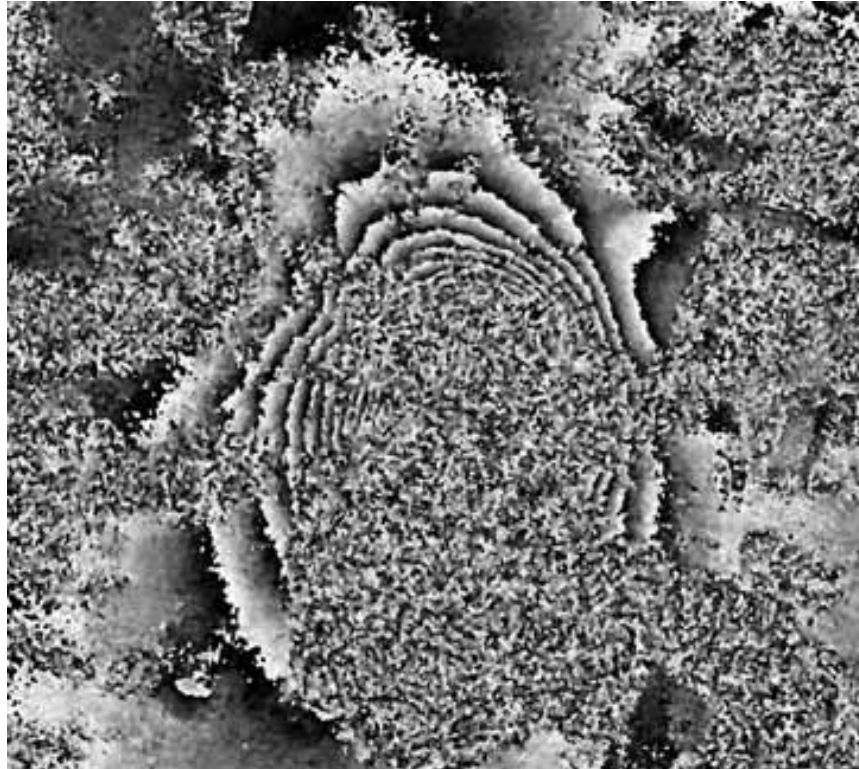
Fugro NPA telah memanfaatkan sebuah teknik pengolahan **InSAR** yang dikenal sebagai **Diferensial InSAR (DifSAR)** untuk mendeteksi deformasi tanah pada lokasi daerah yang luas di sekitar gunung lumpur.

DifSAR menggunakan dua citra *Synthetic Aperture Radar (SAR)*, meliputi suatu spesifik kerangka waktu, dan melalui pengolahan radar yang kompleks menghasilkan informasi tentang perubahan ketinggian topografi (dengan kata lain deformasi tanah).

Kombinasi dari yang sebagian besar terdiri penggunaan lahan pertanian dan jumlah yang besar dari gerakan tanah (*ground movement*) diamati dan diperkirakan pada seluruh daerah yang menjadi perhatian (*the area of interest*) akan menghasilkan SAR sinyal yang koheren pada data konvensional C-band (panjang gelombang 5,6 cm).

Semakin panjang gelombang 23,6 cm L-band SAR akan meningkatkan koherensi di daerah ditutupi dengan tumbuhan, dan memungkinkan pengukuran sinyal deformasi lebih besar selama jangka waktu yang relatif singkat.

ALOS PALSAR adalah instrumen L-band dioperasikan oleh JAXA (*Jepang Aerospace Exploration Agency*). Fugro memperoleh NPA seri citra ALOS PALSAR di sekitar interval 6-bulan, mulai dari 19 Mei 2006 (pra-letusan).



GAMBAR 5. Hasil pengolahan DInSAR mencakup 19 Mei 2006 untuk 19 November 2006 (atas) dan 19 Februari 2007 untuk 22 Agustus 2007 (bawah). SAR data © JAXA 2007. Gambar hak cipta Fugro NPA Limited 2009

Gambar 5 menunjukkan dua hasil DifSAR yang dihasilkan selama program pemantauan, dalam setiap kasus, gunung lumpur dapat dilihat sebagai kira-kira luas persegi panjang dikelilingi oleh antara 17cm dan 108cm pandangan garis-subsidence (digambarkan dengan jumlah kontur hitam-ke-putih).

Pemodelan (Modeling)

Hasil DifSAR memungkinkan Atkins untuk membangun tiga dimensi model deformasi permukaan tanah yang terkait dengan LUSI.

Ini menunjukkan luas area utama yang mengalami penurunan di sekitar semburan lumpur, daerah yang paling parah di dekat lubang, di mana sulit untuk monitorinya karena hilangnya koherensi dengan terus terjadinya perubahan secara konstan dari luapan lumpur.

Besar deformasi tertinggi pada periode yang merentang di awal letusan, namun terlihat deformasi telah terjadi di interferograms berikutnya, menunjukkan penurunan terus-menerus daerah tersebut.

AN UNCLEAR FUTURE

Since its initiation on 29th May 2006, LUSI's eruption has had, and continues to have, a serious effect on the Porong District of Eastern Java; and there are no signs that the mud flow is decreasing.

Masa Depan Yang Tidak Jelas (*an unclear future*)

Sejak inisiasi pada Mei, 29 2006 semburan LUSI's terus berlanjut, sehingga mempunyai dampak yang serius pada Kecamatan Porong di Jawa Timur, dan tidak ada tanda-tanda bahwa aliran lumpur berkurang.

Catatan:

Pernyataan bahwa luapan lumpur tidak ada tanda-tanda mengecil atau berkurang, perlu dikoreksi, saat ini ada pengurangan yang signifikan di bawah 50.000 m³.

Aliran lumpur dan deformasi permukaan tanah (*ground surface deformation*) telah berdampak pada aspek-aspek fisik, lingkungan, ekonomi dan sosial baik lokal maupun masyarakat regional.

Sisa umur letusan LUSI (*remaining lifespan of LUSI's eruption*) masih tidak diketahui, tetapi perkiraan terbaik adalah bahwa ia akan terus menyembur untuk dekade dan bukan hanya beberapa tahun (*it will continue to erupt for decades and not just a few years*).

Catatan:

Suatu pernyataan bahwa tidak diketahui sampai kapan semburan Lusi akan berlangsung, namun yang terbaik untuk dipegang ia akan terus menyembur untuk dekade (puluhan tahun) dan bukan beberapa tahun.

Urutan hasil DifSAR diproduksi selama program pemantauan bahaya mendemonstrasikan secara sangat baik terhadap kemampuan dari sensor L-band ALOS PALSAR.

Hasil tersebut berasal dari jarak jauh dan relatif dengan biaya rendah (*derived remotely and at a comparatively low cost*), selanjutnya telah dapat memberikan tim dan kliennya suatu wawasan yang unik ke dalam evolusi deformasi permukaan tanah di gunung lumpur (*a unique insight into the evolution of ground surface deformation across the mud volcano*), walaupun dengan tingkat variabel dari koherensi sepanjang lokasi.

Untuk saat ini, suatu kelanjutan program pemantauan regular tentang luasnya aliran lumpur dan deformasi permukaan tanah, seperti yang dirancang dan dilaksanakan oleh tim, akan memberikan sumber daya berharga untuk memperbarui *geohazard* (bahaya geologi) dan penilaian risiko.

Guna membantu informasi di dalam pengelolaan gunung lumpur dan dampaknya masa ke depan (*provide a valuable resource for updating geohazard and risk assessments, aiding the management of the mud volcano and its impact into the future*).

REFERENCES

1. Davies, R. J., Swarbrick, R. E., Evans, R. J. and Huuse, M. 2007. Birth of a Mud Volcano: East Java, 29 May 2006, *GSA Today*, v.17, no. 2, 4- 9.
2. Mazzini, A., Svensen, H., Akhmanov, G.G., Alonsi, G., Planke, S., Malthe-Sørensen, A., and Istadi, B. 2007. Triggering and dynamic evolution of the LUSI mud volcano, Indonesia. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 261, 375-388.

Adam Thomas is a Project Manager within Fugro NPA's InSAR Surveying Department. Chris Meikle and David Shilston are Engineering Geologists at Atkins. For further information please contact the authors:

Email: a.thomas@fugro-npa.com

Telephone: +44(0)1732 865023

Website: www.fugro-npa.com

Email: david.shilston@atkinsglobal.com

Telephone: +44(0)1372 754409

Website: www.atkinsglobal.com

LAMPIRAN EMAIL HARDI PRASETYO 23 MEI 2010

To Dear Mr.
ADAM THOMAS (NPA FUGRO LIMITED),

First I would like to introduce ourselves.

My name is Professor Dr Hardi Prasetyo, now get the Indonesian government's duty as Deputy Chief, "Bapel BPLS" (Bapel = Implemented Body), (BPLS = Sidoarjo mudflow Management Board). A formal government body was established to tackle the Lupsi Mud Volcano phenomenon.

I prefer the previous 10 years was appointed as assistant of 3 Ministers of Energy and Mineral Resources.

I get a PhD in the field of Earth Sciences, from the University of California Santa Cruz, USA. With the dissertation of Geology and Tectonic Zone collision in the Banda Sea, eastern Indonesia.

I have carefully read your article titled REMOTE MONITORING OF A MUD Volcano, could agree on some fundamental aspects, namely: 1) the eruption of Lusi been difficult to stop, 2) will last long, no one who knows, 3) can provide the multiple impact of geological deformation include subsidence, ground movement, and environment, 4) the need for long-term monitoring, 5) the most appropriate technologies among others, a combination of GPS and INSAR.

For that I want to do exploratory, so that the international community can contribute in the disasters-humanity caused by mud Volcano, which is very spectacular.

During this BPLS has conducted as partial aspect cooperation with the USGS and the Arizona University, and explore possibilities with your institution on aspects LUSI REMOTE MONITORING OF MUD VOLCANO.

For your kind attention for the sake of universal humanity, we thank you.

Sincerely

Hardi Prsetyo
Deputy Head BPLS
Jl. Pots Kebunsari No. 50 Surabaya, Indonesia.
Email: samenergi@yahoo.com and hardiprasetyo9@gmail.com