

ESTIMASI PERUBAHAN MORFOLOGI SUNGAI PASCA ERUPSI: APLIKASI DATA LIDAR DAN DEM PROCESSING DI KALI GENDOL

Gilang Arya Dipayana¹⁾, Henky Nugraha¹⁾, Danang Sri Hadmoko²⁾, Dhandhun Wacano¹⁾, Aries Dwi Wahyu R¹⁾, Fardiansari Cahyaningtyas¹⁾

¹⁾ Master Program on Planning and Management of Coastal Area and Watershed, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia; ²⁾ Jurusan Geografi Lingkungan, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada
E-mail: aryadipayana@gmail.com; nugrahaHenky@gmail.com; danang@gadjahmada.edu; dhancano@gmail.com; aries.rahmadana@gmail.com; q_dhe2@yahoo.com

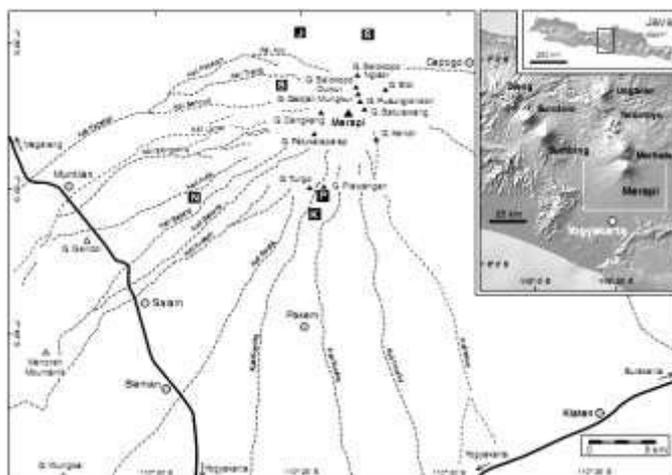
ABSTRAK

Erupsi Merapi 2010 dengan skala VEI 4 telah menimbulkan dampak pada beberapa aspek, salah satunya adalah perubahan morfologi sungai di Kali Gendol. Perubahan morfologi sungai dapat diakibatkan oleh hasil proses erosi dan sedimentasi dari aliran piroklastik dan lahar. Proses ini dapat dipercepat dengan aktifitas penambangan. Monitoring dari perubahan morfologi sungai akibat proses alam dan proses yang dipercepat dapat dilakukan dengan pendekatan penginderaan jauh (PJ) dengan menggunakan data resolusi tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah (i) menentukan perubahan morfologi sungai berdasarkan pengolahan data PJ dan DEM; (ii) melakukan kuantifikasi dinamika morfologi sungai. Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah ekstraksi data DEM (DEM calculation) dari data Lidar pra dan pasca erupsi untuk menentukan volume material dan perubahan morfologi sungai. Data citra resolusi tinggi pra (Quickbird 2007) dan pasca (GeoEye 2011 dan Lidar 2012) digunakan untuk menentukan perubahan sistem lembah sungai dengan teknik OBIA (Object Based Image Analysis). Hasil wawancara di lapangan digunakan untuk menentukan arahan pengelolaan sungai. Perubahan morfologi sungai di Kali Gendol menunjukkan pola yang berbeda mengikuti pola dari fasies proximal, medial, dan distal. Perubahan paling besar terjadi pada fasies medial karena merupakan zona akhir dari endapan awan panas. Proses penambangan mempercepat perubahan morfologi pada bagian medial (sekitar Dusun Bronggang, Kecamatan Cangkringan). Arahan pengelolaan yang direkomendasikan berupa zonasi areal penambangan dengan mempertimbangkan volume material, stabilitas tebing sungai, dan normalisasi fungsi SABO-DAM.

Kata Kunci: Morfologi Sungai, LIDAR, OBIA, Pengelolaan Sungai

PENDAHULUAN

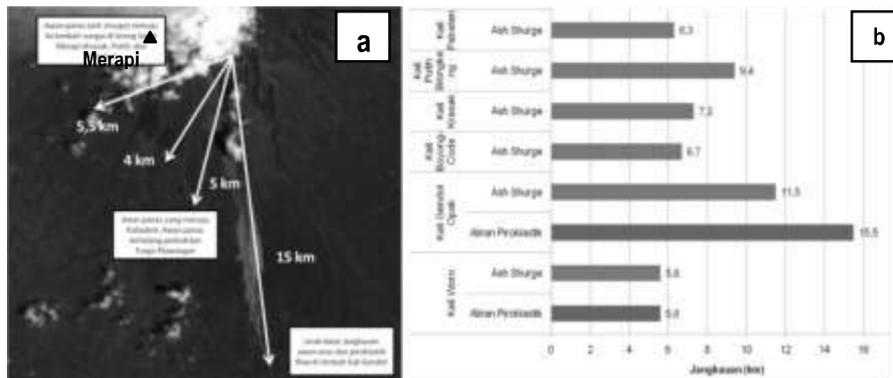
Gunung Merapi (Gambar 1) merupakan salah satu gunung aktif di dunia (Suroño et al. 2012; Thouret et al. 2000; Young et al. 2000; Andreastuti et al. 2000). Bahaya erupsi Merapi berupa aliran piroklastik dari guguran kubah lava (Thouret et al. 2010; Gomez et al. 2009; Abdurachman 2000), ash fall dan ash surge (Andreastuti et al. 2011), dan lahar (*syn-eruptive* atau *post-eruptive lahar*) (Lavigne et al. 2000a,b; Thouret et al. 2000; Lavigne & Thouret 2002). Bahaya erupsi menimbulkan ancaman terhadap manusia dan sumberdaya yang ada di sekitarnya. Terdapat lebih dari 1,3 juta penduduk yang bermukim di sekitar Merapi (Mei et al., 2013) yang tersebar di 296 desa (Thouret et al., 2000). Aktifitas erupsi Merapi juga berdampak pada perubahan lingkungan di sekitar Merapi. Setiap sungai yang berhulu dari puncak Merapi akan berpotensi tertutupi oleh PDC (*Pyroclastic Density Current*) maupun material lahar yang (De Belizal, 2012). Perubahan lingkungan paling besar ditunjukkan dengan tingkat erosi PDC dan lahar di alur sungai pada gunungapi yang aktif (Wood dan Soulard, 2009; Gomez et al., 2009).



Gambar 1. Sketsa peta topografi di sekitar Merapi, menunjukkan daerah-daerah padat permukiman terdekat (point abu-abu) dan pos pengamatan gunungapi Jarakah (J), Babadan (B), Kaliurang (K), Selo (N), dan Ngepos (N); Inzet: gambaran 3D daerah di sekitar Merapi (Gertisser et al., 2011)

Erupsi Paroksimal Merapi 2010 dengan VEI 4 merupakan erupsi terbesar kedua dalam sejarah erupsi Merapi dengan tidak kurang 0,03 - 0,06 km³ material dikeluarkan (Voight et al. 2000; Venzke et al. 2002; Siebert et al. 2011; Thierry et al., 2011; Suroño et al., 2012; Pallister et al., 2012). Erupsi Merapi 2010 diklaim telah menimbulkan korban jiwa lebih dari 380 jiwa, lebih dari 2200 bangunan hancur, dan pemerintah harus mengevakuasi lebih dari 400.000 jiwa ke lokasi aman (Mei et al., 2013; Cronin et al., 2012; Suroño et al., 2012). Erupsi Merapi 2010 mengalami 4 fase perkembangan, yaitu (Suroño et al., 2012; Pallister et al., 2012): (1) *Intrusive Phase* (31 Oktober 2009 – 26 Oktober 2010) yang ditandai dengan peningkatan seismik dan emisi gas; (2) *Initial pheromagmatic explosive phase* (26 Oktober – 1 November 2010); *Magmatic Phase* (1 – 7 November 2010); dan Fase Penurunan (8 – 23 November 2010). Arah guguran kubah lava pada erupsi Merapi 2010 mengarah ke tenggara hal ini disebabkan oleh adanya jalur lintasan yang disebabkan oleh guguran kubah pada erupsi 2006 yang mengarah ke tenggara (Komorowski et al., 2013). Erupsi 2006 menghasilkan PDC hingga jangkauan 7 – 7,8 km mengikuti lembah Kali Gendol (Thouret

et al., 2010; Charbonnier dan Gertisser, 2011). Erupsi Merapi 2010 menghasilkan PDC dengan jangkauan sejauh ± 15 km di lembah Kali Gendol dan 4 – 5,5 km di bagian barat dan selatan (didominasi oleh *pyroclastic surge*) (Jenkins et al., 2013; Surono et al., 2012) (Gambar 2).



Gambar 2. (a) Arah sebaran PDC erupsi Merapi pada beberapa lembah sungai di lereng Merapi dilihat dari Spot 5 (15 November 2010) dan (b) Jangkauan sebaran *ash surge* dan aliran piroklastik pada masing-masing lembah sungai yang berhulu di Merapi.

Dampak terhadap lingkungan yang ditimbulkan oleh erupsi gunungapi dapat lebih besar dibandingkan dampak korban jiwa. Kerusakan lingkungan secara langsung berupa kerusakan lahan akibat tertutup oleh material PDC dan lahar, rusaknya lahan-lahan pertanian di sekitar lereng Merapi, berkurangnya debit mataair di lereng Merapi akibat perubahan morfologi dan hilangnya tutupan lahan pada bagian *recharge*, erosi dan sedimentasi di sekitar lembah sungai yang dilewati oleh PDC dan lahar. PDC dan lahar merupakan agen utama dalam mempengaruhi perubahan lingkungan baik pra dan pasca erupsi gunungapi. PDC dari erupsi Merapi 2010 diadapkan pada areal seluas $\pm 22,3$ km² dengan distribusi sebaran 6,9% bagian mengisi lembah sungai, meluap (*overbank*) sebesar 22,4%, *surge* dan *fallout deposit* (71,7%) (Charbonnier et al., 2013). Luncuran PDC telah menimbulkan perubahan di lembah-lembah sungai yang berhulu di Merapi dan daerah yang mengalami perubahan yang paling besar adalah Kali Gendol (Charbonnier et al., 2013; Komorowski et al., 2013). Perubahan ini dapat berupa erosi maupun sedimentasi (penambahan) material di sekitar lembah sungai. Selain PDC, lahar juga berperan terhadap perubahan morfologi sungai dengan proses erosi vertikal dan horizontal serta proses sedimentasi. Tingkat erosi tertinggi di dunia terdapat pada aliran sungai gunung berapi aktif di bawah iklim yang lembab melalui skema aliran lahar (Milliman dan Syvitski, 1992; Walling dan Webb, 1996; Mayor dkk, 2000). Endapan material yang melebihi batas dari daya tampung sungai akan membawa permasalahan lingkungan pada bagian hilir (Gran and Montgomery, 2005; Manville et al 2005). Permasalahan yang ditimbulkan dapat berupa tertutupnya saluran irigasi, pendangkalan dasar sungai, dan tertutupnya lahan-lahan di sekitar alur sungai akibat luapan sedimen lahar yang tidak mampu tertampung aliran sungai (Tannaro et al, 2010). Perubahan morfologi sungai dipercepat dengan adanya kegiatan penambangan di lereng Merapi. Kegiatan pertambangan ini berjalan intensif dengan mengatasnamakan kegiatan restorasi sungai pasca erupsi Merapi 2010.

Erupsi Merapi 2010 merupakan kejadian erupsi terbesar kedua terbesar setelah erupsi 1872 dengan kala ulang 100 tahun (Surono et al., 2012). Beberapa pengukuran dan monitoring telah dilakukan untuk menghasilkan kesimpulan proses erupsi dan hasil proses dari erupsi 2010. Perubahan kondisi permukaan dapat dilihat dengan menggunakan citra penginderaan jauh multi waktu (pra erupsi, saat erupsi, dan pasca erupsi). Penggunaan data penginderaan jauh dilakukan dalam melakukan kajian proses dan hasil proses erupsi 2010 meliputi perubahan morfologi dan sebaran PDC (mis: Joyce et al., 2009; Thouret et al., 2010; Wadge et al., 2011; Charbonnier et al., 2013). Kuantifikasi perubahan morfologi pra dan pasca erupsi dapat ditentukan dengan membandingkan data DEM (*Digital Elevation Model*) (Procter et al., 2012; Daag, 2003; Castro, 1999). Data DEM dapat diekstraksi dari data LIDAR dengan resolusi 0,3 m. Perbandingan DEM dengan waktu yang berbeda akan menunjukkan daerah yang mengalami endapan material dan daerah yang mengalami erosi baik erosi lateral maupun vertical. Perubahan morfologi sungai Kali Gendol merupakan hasil proses dari erupsi Merapi 2010 dan proses yang mengikuti erupsi yaitu adanya lahar yang dipicu oleh hujan.

Tujuan dari penelitian ini adalah (1) Menentukan perubahan morfologi sungai. Perubahan morfologi sungai akan ditinjau dari data PJ dan DEM multi waktu dan dengan hasil pengukuran di lapangan mengenai perubahan morfologi sungai (2) Melakukan arahan pengelolaan berdasarkan dinamika morfologi sungai. Arahan pengelolaan sungai ini terkait dengan potensi perubahan morfologi sungai dan keseimbangan kegiatan penambangan.

METODE PENELITIAN

Perubahan morfologi sungai di Kali Gendol dikaji berdasarkan perbandingan antara kondisi pra dan pasca erupsi Merapi. Untuk mencapai tujuan penelitian dilakukan 4 tahapan metodologi baik melalui kegiatan lapangan, pengolahan data penginderaan jauh, pemodelan data elevasi digital, dan pengumpulan data sekunder dari stakeholder terkait.

- Data sekunder yang dikumpulkan meliputi data penginderaan jauh dan data elevasi baik kondisi pra, saat erupsi, dan pasca erupsi. Data penginderaan jauh yang dikumpulkan adalah (i) Kondisi Pasca: Citra Quickbird Tahun 2006; Citra Spot 5 Tanggal 17 Mei 2008, (ii) Kondisi saat erupsi: Citra Spot 15 November 2010; Citra WorldView-2 (Digital Globe) Tanggal 11 November 2011; Data Orthophoto LIDAR perekaman bulan Mei 2012, dan (iii) Kondisi pasca: Citra GeoEye 11 Juni 2011. Data elevasi untuk pra erupsi menggunakan data Kontur Digital dengan Ci 2,5 meter dari Dinas PU Tahun 2006 dan ekstraksi DEM ALOS PALSAR resolusi 10 meter, sedangkan data pasca erupsi menggunakan ekstraksi data ketinggian dari LIDAR perekaman bulan Mei 2012.
- Perubahan morfologi sungai meliputi perubahan alur sungai dilakukan dengan membandingkan dua seri data penginderaan jauh. Teknik interpretasi dilakukan dengan menggunakan semi-otomasi klasifikasi dengan teknik OBIA (*Object Based Image Analysis*) menggunakan eCognition 8. Interpretasi juga dilakukan untuk memetakan daerah terdampak dan sebaran PDC dan lahar.
- Perubahan morfologi meliputi proses erosi dan sedimentasi akibat PDC dan Lahar dilakukan dengan membandingkan dua seri data DEM (pra dan pasca erupsi). Untuk menentukan besarnya erosi dan sedimentasi dilakukan dengan menggunakan DEM

Processing. Data ketinggian diproses untuk mendapatkan data DEM dalam format raster. Data DEM kemudian dikalkulasi dengan *tool* ILWIS 3.3 dengan *command line* (Van Westen, 2004 dan Daag et al., 2005):

Command line untuk pengukuran tebal dan volume endapan PDC dan lahar pasca erupsi 2010:

Lahar $_{thick}$ =iff(DEMerp-DEMpra>0,DEMerp-DEMpra,0)

Lahar $_{thick}$ =Area*Lahar $_{thick}$

Command line total erosi dan total sedimentasi akibat PDC dan lahar:

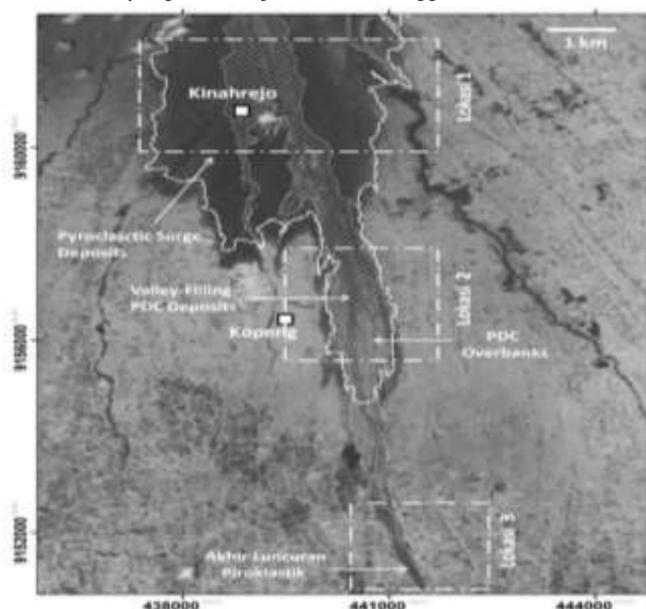
Eroupd=iff(DEMupd<DEMerp,DEMerp-DEMupd,0)

Sedupd=iff(DEMupd>DEMerp,DEMupd-DEMerp,0)

- d. Pengukuran lapangan dilakukan untuk melakukan validasi hasil interpretasi dan perhitungan erosi dan sedimentasi. Kegiatan lapangan meliputi (i) pengukuran tebal material dan delinasi stratigrafi material PDC dan lahar di lapangan, dan (ii) wawancara dengan stakeholder dan penambang untuk menghasilkan keterangan tentang pengelolaan sungai pasca erupsi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis citra penginderaan jauh resolusi tinggi untuk analisis sebaran PDC

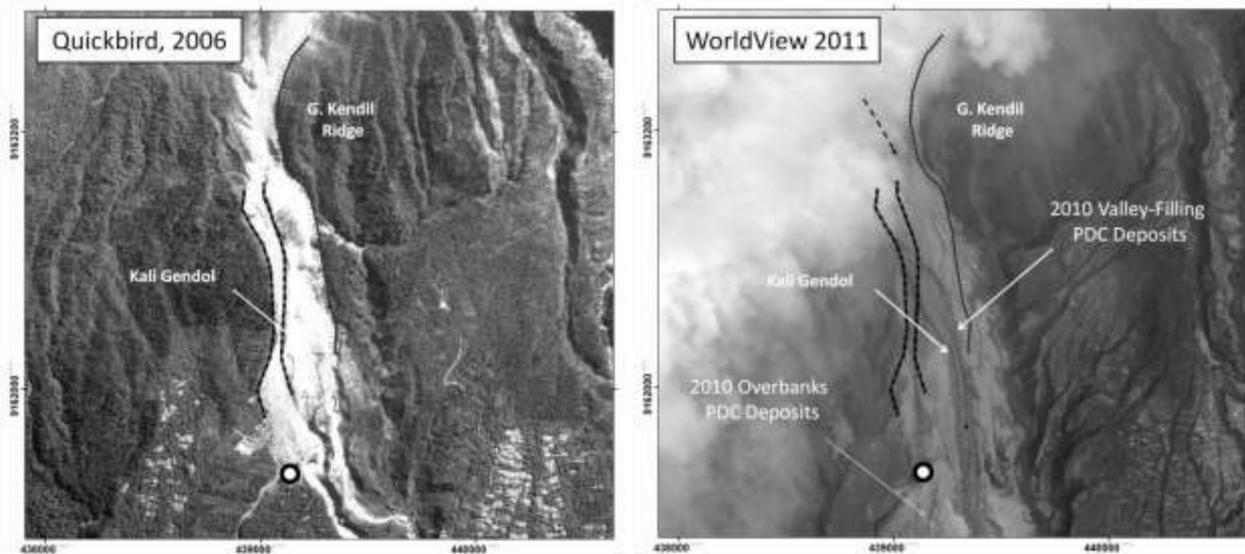


Sebaran PDC dianalisis berdasarkan citra SPOT-5 dengan tanggal perekaman 15 November 2010. Merupakan citra dengan resolusi 5 meter (pankromatik) dan 10 (multispektral). Dilakukan koreksi radiometrik untuk melakukan distorsi dari tutupan awan, sehingga kenampakan daerah yang terdampak oleh PDC dapat lebih terlihat. Tutupan awan yang ada sekitar 19,7% dari keseluruhan daerah kajian. PDC hasil dari erupsi 2010 tidak dapat dianalisis secara langsung dengan SPOT-5 karena keterbatasan resolusi spasial. Hasil material piroklastik tidak dapat langsung terlihat pada citra SPOT 5 dikarenakan resolusi yang terlalu kasar. Berdasarkan analisis dari data SPOT 5, sebaran PDC di Kali Gendol terbagi menjadi (1) *Pyroclastic Surge Deposits*, merupakan material yang dihasilkan dari dekompresi pembentukan kubah lava yang cepat dan kemudian terjadi hempasan ketika terjadi erupsi; (2) *Valley-Filling PDC Deposits*, merupakan material piroklastik yang mampu terkanalisasi oleh lembah Kali Gendol; dan (3) *PDC Overbanks*, merupakan material piroklastik yang menyebar secara lateral ke sisi sungai (Gambar 3). Overbank PDC berjarak 100 – 500 m dari sisi lembah sungai.

Gambar 3. Interpretasi PDC dari citra pankromatik SPOT 5 tanggal 15 November.

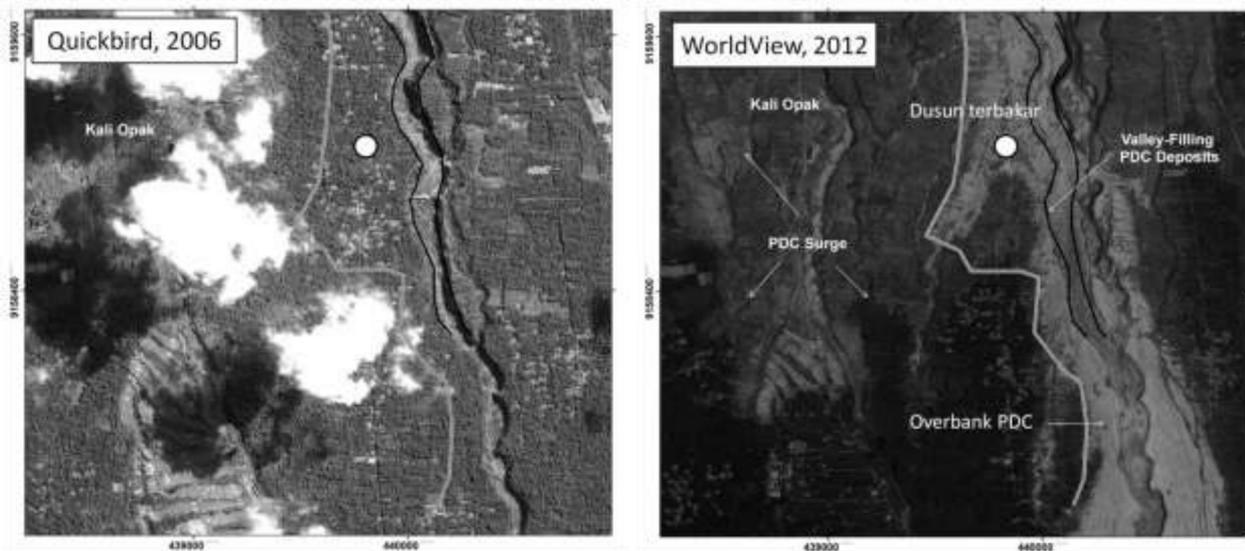
Analisis perubahan morfologi pada tiap fasies dengan citra penginderaan jauh resolusi tinggi

Perubahan morfologi di Kali Gendol dilihat berdasarkan 2 citra penginderaan jauh pra dan saat erupsi 2010. Citra pra erupsi digunakan citra Quickbird 2006 dan citra saat erupsi digunakan citra WorldView-2 tanggal 15 November 2010. Perubahan morfologi dibagi menjadi 3 bagian sesuai dengan fasies gunungapi, yaitu fasies proximal, medial, dan distal. Perubahan morfologi pada daerah proximal dapat dilihat pada Gambar 4. Daerah proximal di Kali Gendol merupakan daerah dengan lereng terjal dengan material berupa endapan langsung aliran piroklastik dan endapan lava berupa batuan andesit. Erupsi 2010 menyebabkan tertutupnya lembah oleh material PDC. Sebagian besar material PDC masih dapat tertampung oleh lembah. Perubahan yang terjadi adalah perubahan alur sungai dan adanya erosi di bagian timur Kali Gendol (riverbank). *Overbank PDC* di bagian fasies proximal sekitar 400 meter.



Gambar 4. *Close up view* lokasi fasies proximal berdasarkan citra Quickbird 2006 dan WorldView-2. Perubahan yang terjadi meliputi adanya bagian dari lembah yang tertutup oleh material PDC dan overbank menyebabkan adanya erosi pada *riverbank*.

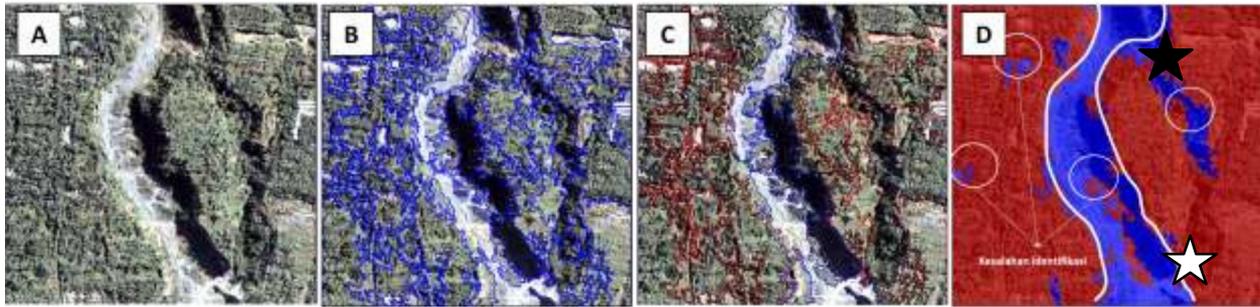
Perubahan morfologi pada fasies medial terdiri dari erosi di *riverbank* yang mengakibatkan lebar lembah sungai menjadi bertambah 50 – 250 meter. Dampak dari PDC pada bagian medial adalah adanya overbank dan pyroclastic surge yang menimbulkan rumah dan lahan di sekitar Kali Gendol terbakar (Gambar 5). Luapan (*overbank*) terjadi karena lembah tidak mampu lagi menampung material dan juga diakibatkan oleh adanya tekuk lereng dari terjal menjadi agak datar.



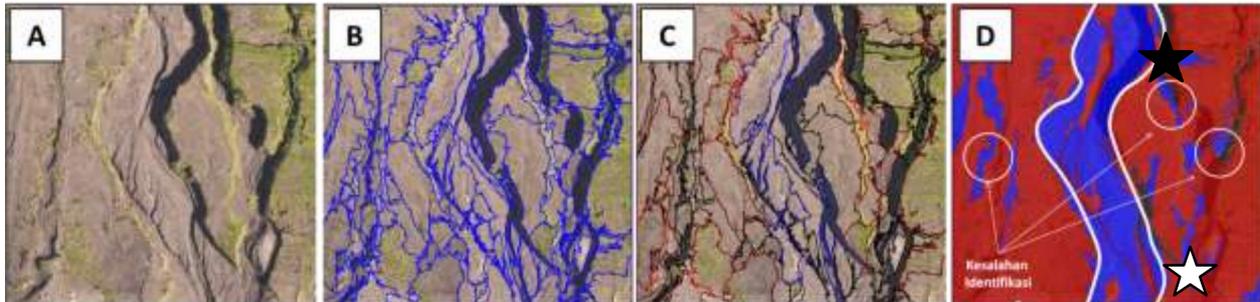
Gambar 5. *Close up view* lokasi fasies medial berdasarkan citra Quickbird 2006 dan WorldView-2. Perubahan yang terjadi diakibatkan oleh overbank yang diakibatkan oleh lembah tidak mampu menampung material PDC.

Morfodinamika sungai pasca erupsi Merapi 2010: aplikasi OBIA dalam identifikasi kenampakan dari citra penginderaan jauh

Morfodinamika sungai sebagai akibat adanya kejadian bencana gunungapi erat hubungannya dengan perubahan sungai sendiri. Perubahan ini meliputi perubahan topografi, antara lain penambahan sedimen baik pada *river-bed* maupun *river bank* (Smith, 1991). Transportasi dan pengendapan sedimen menjadi masalah utama terkait dengan erupsi gunungapi (Hayes et al., 2002). Sungai yang terkena dampak oleh erupsi gunungapi akan menghasilkan sedimen dalam jumlah yang banyak karena peningkatan *run off*, erosi, dan material erupsi (*tephra*) dan menyebabkan adanya perubahan penampang sungai (Swanson et al., 1983; Smith dan Lowe, 1991; Pierson et al., 1992; Major et al., 1996). *Object Based Image Analysis* (OBIA) merupakan sebuah metode klasifikasi berdasarkan kenampakan obyek yang mempunyai ciri yang sama (Cohen dan Shoshany, 2005; Ozbakir et al., 2007; Bangli dan Soile, 2004; Alves, 2007). Proses utama dalam OBIA adalah segmentasi. Segmentasi merupakan proses mengumpulkan piksel-piksel dengan nilai yang sama (Haralick dan Shapiro, 1985). Contoh hasil segmentasi dan klasifikasi *riverbank* di Kali Gendol pra dan pasca dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.

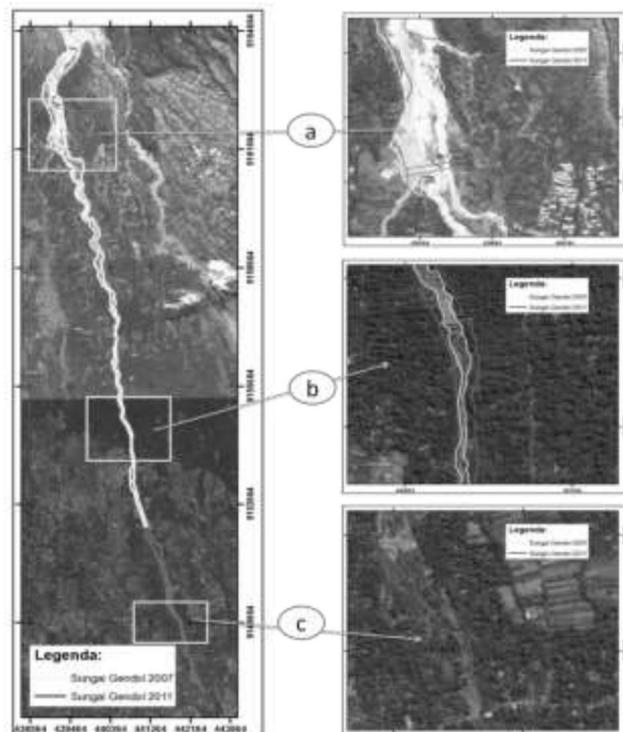


Gambar 6. Identifikasi kenampakan sungai dari data penginderaan jauh dengan menggunakan teknik OBIA, (a) Citra Quickbird 2006, (b) hasil segmentasi dengan ecognition, (c) pengambilan sampel, dan (d) hasil dari OBIA. Garis putih menunjukkan perhalusan dari riverbank dan lingkaran putih menunjukkan adanya kesalahan identifikasi.



Gambar 7. Identifikasi kenampakan sungai dari data penginderaan jauh dengan menggunakan teknik OBIA, (a) LIDAR 2012, (b) hasil segmentasi dengan ecognition, (c) pengambilan sampel, dan (d) hasil dari OBIA. Garis putih menunjukkan perhalusan dari riverbank dan lingkaran putih menunjukkan adanya kesalahan identifikasi.

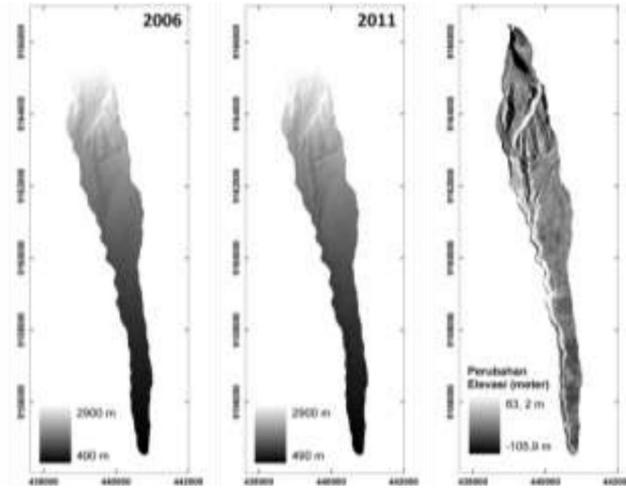
Hasil dari identifikasi kenampakan riverbank dengan menggunakan teknik OBIA menunjukkan adanya perubahan lebar sungai yang diakibatkan oleh adanya erosi dan sedimentasi oleh material PDC. Tanda bintang pada Gambar 6 dan 7 menunjukkan dua perubahan morfologi dengan proses yang berbeda. Perubahan yang terjadi di tanda bintang hitam diakibatkan oleh material PDC mengakibatkan erosi di tebing sungai sehingga mengakibatkan perubahan lengkung sungai dan lebar sungai. Proses sedimentasi terjadi di tanda bintang putih yang ditunjukkan dengan arah perubahan tebing sungai yang maju dan membentuk teras tunggal. Secara umum perubahan alur sungai Kali Gendol dapat dilihat pada Gambar 8. Pada bagian proximal lebar Kali Gendol mengalami perubahan ± 300 meter dan medial 19 – 58 meter.



Gambar 8. Perubahan alur sungai pra dan pasca erupsi Merapi. Data diekstrak dari citra Quickbird 2007 dan citra GeoEye 2011 di sekitar Kali Gendol. Perubahan alur Kali Gendol terjadi pada seluruh bagian DAS (fasies proximal, medial, dan distal). Perubahan paling besar terjadi pada proximal (a) (warna putih alur sungai 2007 warna hitam alur sungai 2011) (Dipayana et al., 2012)

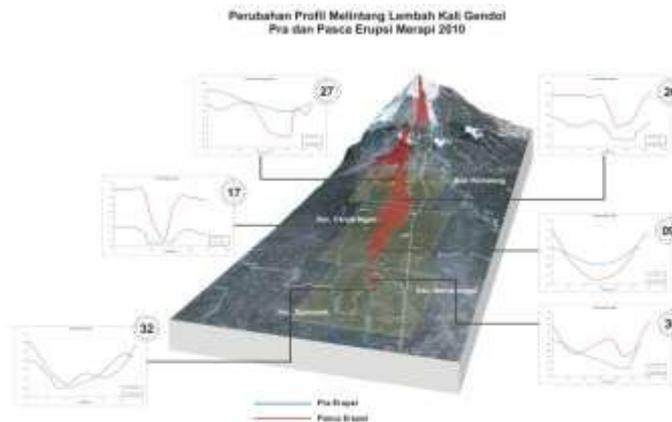
Kuantifikasi perubahan morfologi sungai dengan DEM calculation

Perubahan morfometri dan morfologi sungai dalam kurun waktu tertentu akan menyajikan kajian morfodinamika sungai (Hugget,2007; Evans et al., 2003 in Miliariesis, 2008). Perubahan morfometri meliputi perubahan lebar sungai, kemiringan dasar sungai, dan perubahan riverbed akibat erosi dan sedimentasi. Kuantifikasi perubahan morfologi dilakukan dengan menggunakan data elevasi digital yang diekstraksi dari kontur dan data LIDAR. Data DEM pra erupsi menggunakan data kontur dengan kontur interval 2,5 meter dan ditambahkan dengan data pengukuran lapangan tahun 2007 Data DEM pasca erupsi menggunakan data LIDAR dengan pengurangan resolusi menjadi 1 meter dengan resolusi awal 0,3 meter. Perubahan elevasi berdasarkan DEM *calculating* dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Perhitungan perubahan morfologi sungai dengan menggunakan DEM *calculating* berdasarkan data seri DEM tahun 2006 dan DEM pasca erupsi 2010. Hasil perhitungan menunjukkan adanya akumulasi material pada bagian lembah sungai karena adanya *valley-filling PDC*.

Pola perubahan elevasi menunjukkan adanya penambahan ketinggian atau sedimentasi di sepanjang alur sungai Kali Gendol dengan tebal penambahan maksimum adalah ± 50 meter. Namun juga terjadi erosi atau kehilangan material pada lembah di bagian proximal dengan ketebalan kehilangan material mencapai ± 60 meter. Bagian yang paling banyak mengalami erosi adalah bagian proximal dan bagian dengan akumulasi endapan material paling besar adalah bagian medial. Hal ini disebabkan oleh adanya tekuk lereng sehingga mengakibatkan akumulasi aliran PDC berhenti pada bagian ini. Pada bagian medial lembah tidak mampu menampung material PDC sehingga material PDC meluap dan menyebabkan perubahan elevasi pada daerah *overbank*. Dampaknya adalah material di permukaan menjadi sangat porus. Perubahan profil sungai pada masing-masing fasies dapat dilihat pada Gambar 10. Menunjukkan adanya perbedaan perubahan profil pada tiap zona fasies.



Gambar 10. Perubahan profil melintang sungai di Kali Gendol yang ditunjukkan oleh 6 lokasi sampel pada masing-masing zona fasies. Dari hasil perbandingan profil pra dan pasca ditunjukkan bahwa bagian yang mengalami perubahan paling besar terdapat di bagian proximal dan distal. Pada bagian proximal terjadi penambahan material sebesar 13 – 15%, meskipun pada bagian lain mengalami erosi sebesar 50 meter. Pada bagian medial terjadi penambahan material sebesar 11 – 13 meter dan perubahan lain berupa bertambah lebarnya alur sungai akibat erosi serta adanya material PDC yang mengalami *overbank*.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dihasilkan dari penelitian ini adalah (i) Berdasarkan hasil pengamatan dengan menggunakan data penginderaan jauh dapat diklasifikasikan perubahan morfologi pada tiap zona fasies gunungapi. Perubahan di bagian proximal meliputi pelebaran lembah dan juga lahan yang tertutup oleh material PDC baik berupa *surge* maupun PDC *flow*. Pada bagian medial perubahan yang terjadi juga berupa perubahan lebar sungai serta tertutupnya lahan oleh *overbank* dari aliran PDC yang disebabkan oleh adanya tekuk lereng dan berkurangnya kapasitas lembah. (ii) Bagian proximal mengalami perubahan lebar sungai sepanjang 300 meter. Dengan menggunakan data DEM multi waktu terdapat daerah yang mengalami erosi dengan ketebalan maksimum 50 meter. Pada bagian medial mengalami perubahan dengan proses sedimentasi sebesar maksimum 15 meter. Data PJ resolusi tinggi dan data elevasi digital menggunakan LIDAR sangat bagus dalam menunjukkan adanya perubahan morfologi akibat proses erupsi Gunungapi. Kelemahan dari pelaksanaan metode ini adalah data multi waktu tidak mempunyai resolusi yang sama, sehingga dapat berpotensi menimbulkan hasil yang diluar estimasi.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih kami berikan kepada BEASISWA UNGGULAN BPKLN Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Nasional yang telah memberikan dukungan dalam studi dan kegiatan penelitian ini. Terimakasih juga kami berikan kepada Dinas Pekerjaan Umum-Merapi dan Balai SABO yang telah memberikan ijin untuk menggunakan data LIDAR dan kontur. Penelitian ini merupakan hasil kerja lapangan mahasiswa MPPDAS tahun 2012

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, K., Bourdier, J.-L., Voight B., 2000. Nueesardentes of 22 November 1994 at Merapi volcano, Java, Indonesia, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Volume 100, Issues 1-4, July 2000, Pages 345-361, ISSN 0377-0273, DOI: 10.1016/S0377-0273(00)00144-X.
- Andreastuti, S.D., Alloway, B.V., Smith, I.E.M., 2000, A detailed tephrostratigraphic framework at Merapi Volcano, Central Java, Indonesia: Implications for eruption prediction and hazard assessment. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 100, 51–67.
- Charbonnier, S.J., Gertisser, R., 2011. Deposit architecture and dynamics of the 2006 block-and-ash flows of Merapi Volcano, Java, Indonesia. *Sedimentology* 58 (6), 1573–1612.
- Charbonnier, S.J., Germa, A., Connor, C.B., Gertisser, R., Preece, K., Komorowski, J.C., Lavigne, F., Dixon, T., Connor, L. 2012. Evaluation of the impact of the 2010 pyroclastic density currents at Merapi volcano from high-resolution satellite, *Journal of Volcanology and Geothermal Research* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2012.12.021>.
- De Bélizal, E., Lavigne, F., Hadmoko, D.S., Degeai, J.P., Dipayana, G.A., Mutaqin, B.W., Marfai, M.A., Coquet, M., Le Mauff, B., Robin, A.K., Vidal, C., Choelik Noer dan Aisyah, N. 2012. Rain-triggered lahars following the 2010 eruption of Merapi volcano, Indonesia: A major risk, *Journal of Volcanology and Geothermal Research* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2013.01.010>.
- Gran KB and Montgomery DR. 2005. Spatial and temporal patterns in fluvial recovery following volcanic eruptions: Channel response to basin-wide sediment loading at Mount Pinatubo, Philippines. *GSA Bulletin*, v. 117, n. 1/2, p. 195-211
- Gomez C, Lespinasse N, Lavigne F, Hadmoko DS, Wassmer P. 2009. Pyroclasticflows' deposition: conceptual model based on GPR deposits observations at Merapi volcano, Indonesia. *Geomorphology*, 110, 116-123.
- Komorowski, J.-C., Jenkins, S., Baxter, P.J., Picquout, A., Lavigne, F., Charbonnier, S.J., Gertisser, R., Preece, K., Cholik, N., Budi-Santoso, A., Surono, in press. Paroxysmal dome explosion during the Merapi 2010 eruption: processes and facies relationships of associated high-energy pyroclastic density currents, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2013.01.007>.
- Lavigne F, Thouret J-C, Suwa H, Voight B, Young K., Lahusen R, Marso J, Sumaryono A, Dejean M, Sayudi DS and Moch. 2000a. Instrumental Lahar Monitoring at Merapi Volcano, Central Java, Indonesia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 100: 457-478.
- Lavigne F, Thouret J-C, Voight B, Suwa H, Sumaryono A. 2000b. Lahars at Merapi volcano: an overview. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 100: 423-456.
- Lavigne F dan Thouret J-C. 2000. Les lahars : dépôts, origines et dynamique. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 1741, 5 : 545-557.
- Major, J.J., Pierson, T.C., Dinehart, R.L., Costa, J.E., 2000. Sediment yield following severe volcanic disturbance - A two decade perspective from Mount St. Helens. *Geology* 28, 819-806.
- Manville V, Newton EH, and White JDL. 2005. Fluvial responses to volcanism: re-sedimentation of the 1800a Taupo ignimbrite eruption in the Rangitaiki River catchment, North Island, New Zealand. *Geomorphol* 65 1-2:49-70.
- Mei, E.T.W., Lavigne, F., Picquout, A., De Beleizal, E., Brunstein, D., Grancher, D., Sartohadi, J., Choelik Noer., dan Vidal, C. 2013. Lessons learned from the 2010 evacuations at Merapi volcano, *Journal of Volcanology and Geothermal Research* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2013.03.010>.
- Milliman JD, and Syvitsk JPM. 1992. Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers. *Journal of Geology* 10 0 (5), 525 – 54 4.
- Pallister, J.S., Schneider, D.J., Griswold, J.P., Keeler, R.H., Burton, W.C., Noyles, C., Newhall, C.G., Ratdomopurbo, A., in press. Merapi 2010 eruption — Chronology and extrusion rates monitored with satellite radar and used in eruption forecasting. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2012.07.012>.
- Surono, Jousset, P., Pallister, J., Boichu, M., Buongiorno, M.F., Budisantoso, A., Costa, F., Andreastuti, S., Prata, F., Schneider, D., Clarisse, L., Humaida, H., Sumarti, S., Bignami, C., Griswold, J., Carn, S., Oppenheimer, C., 2012. The 2010 explosive eruption of Java's Merapi volcano — a '100-year' event. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* (ISSN 0377-0273, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2012.06.018>).
- Thouret J.-C., Lavigne F., Kelfoun K. and Bronto S., 2000. Toward a revised hazard assessment at Merapi volcano, Central Java. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 100: 479-502.
- Thouret J-C, Gupta A, Lube G, Liew SC, Cronin SJ, Surono. 2010. Analysis of the 2006 eruption deposits of Merapi Volcano, Java, Indonesia, using high-resolution IKONOS images and complementary ground based observations. *Remote Sensing of Environment*, 114, 1949-1967
- Voight B., Constantine E.K., Siswamidjono S., Torley R., 2000. Historical eruptions of Merapi Volcano, Central Java, Indonesia, 1768–1998. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 100 (2000) 69–138.
- Venzke E, Wunderman RW, McClelland L, Simkin T, Luhr JF, Siebert L and Mayberry G (Eds.). 2002. *Global Volcanism, 1968 to the Present*. Smithsonian Institution, Global Volcanism Program Digital Information Series, GVP-4
- Wood N and Soular C. 2009. Community exposure to lahar hazards from Mount Rainier, Washington: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2009-5211, 26 p.
- Young, K.D., Voight, B., Sajiman, S., Miswanto, B., Casadevall, T., 2000a. Ground deformation measurements at Merapi Volcano, Indonesia; electronic distance measurements 1988–1995. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 100, 233–259.