

Rekonstruksi 3 Dimensi dari Video menggunakan Metode Structure-From-Motion (Studi Kasus: Wilayah Pertambangan Batubara)

Rimba Anditya Kurniawan¹, Fatwa Ramdani², M. Tanzil Furqon³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹rimbakurniawan@outlook.com, ²fatwaramdani@ub.ac.id, ³m.tanzil.furqon@gmail.com

Abstrak

Indonesia merupakan negara yang mempunyai kekayaan alam yang besar dalam menghasilkan batubara. Dengan total 466.307.241 ton tahun 2012, Indonesia menempati urutan ketiga dunia sebagai penghasil batubara. Untuk mengatur wilayah pertambangan proses manajemen sangat diperlukan. Proses manajemen tambang dapat dilakukan dengan rekonstruksi 3 dimensi berupa *point cloud* menggunakan metode *Structure-from-Motion* (SfM). Untuk membangun sebuah struktur dari hasil tumpang tindih banyak citra yang diambil menggunakan teknik *photogrammetry* digunakan algoritme SfM. Dalam pengambilan data citra terkadang terjadi kegagalan *trigger* otomatis pada kamera dan kurangnya kerapatan antar citra. Penelitian ini menggunakan data video dari UAV yang diterbangkan diatas wilayah pertambangan untuk merekam seluruh kegiatan pertambangan. Data video dipresumsi dapat mengurangi kesalahan pada saat pengambilan citra dan meningkatkan nilai overlap antara citra berurutan serta meningkatkan jumlah *point cloud*. Hasil keluaran pada perangkat lunak diuji menggunakan metode *Simple Regression*. Penelitian ini menunjukkan bahwa input data video dengan durasi 1 menit dan nilai overlap 90% dapat menghasilkan 2910 *point cloud*. Uji *Simple Regression* menghasilkan nilai F sebesar 12.408. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai overlap, maka akan semakin besar pula jumlah *point cloud* yang dihasilkan.

Kata kunci: Video, rekonstruksi 3D, Structure-from-Motion, pertambangan batubara.

Abstract

Indonesia is a country that have a massive natural resources for producing coal. With total 466.307.241 ton in 2012, Indonesia archive third place world level as the most producer coal. For manage coal mining sites, management process very needed. The mine management process can be done with 3-dimensional point clouds reconstruction using the Structure-of-Motion Method (SfM). To build structure from overlapping of many images by using photogrammetry techniques use SfM algorithm. When acquisition image data, sometimes get a failure of automatic camera trigger and lack of density between images. This study uses video data from UAVs flown over mining areas to record all mining activities. Video data predicted can reduce errors during image capture and increase the overlap value between successive images and increase the number of cloud points. The output on the software is tested using the Simple Regression method. This study shows that input video data with 1 minute duration and 90% overlap value can produce 2910 point cloud. The Simple Regression test result an F value of 12,408. It shows that the greater value of overlap, can produce a lot number of points cloud.

Keywords: Video, 3D reconstruction, Structure-from-Motion, coal mining.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang mempunyai kekayaan alam yang besar, salah satunya adalah batubara. Tambang batubara terbesar Indonesia terdapat di Kalimantan Timur, Kalimantan Selatan, dan Sumatera Selatan (Dewan Energi Nasional 2014). Menurut Badan Pusat Statistik (2012), seluruh wilayah

pertambangan di Indonesia telah menghasilkan batubara sebanyak 466.307.241 ton. Indonesia menempati urutan ke tiga sebagai produsen batubara terbesar dunia setelah China dan Amerika Serikat dengan menghasilkan sebanyak 281.7 Mt (Indonesia Investments 2016). Oleh karena itu, proses manajemen sangat diperlukan untuk mengatur wilayah pertambangan.

Salah satu langkah yang digunakan untuk

melakukan manajemen tambang adalah memetakan wilayah tambang tersebut ke dalam bentuk 3 dimensi dengan memanfaatkan teknologi digital (Arles et al. 2013). Rekonstruksi 3 dimensi sudah menjadi topik penelitian yang banyak dilakukan dalam hal *computer vision* dan *photogrammetry* (Pollefeys et al. 2008). Hal ini berfungsi untuk mendapatkan proyeksi objek dari dunia nyata menjadi bentuk digital sehingga dapat diolah menggunakan metode-metode komputerisasi untuk mendapatkan informasi dari objek tersebut (Dandois & Ellis 2013). Selain informasi, peta 3 dimensi ini juga dapat dimanfaatkan dalam proses simulasi atau prediksi bentuk permukaan tanah setelah melakukan kegiatan pertambangan (Chen et al. 2015).

Rekonstruksi 3 dimensi bertujuan menghasilkan *point cloud* dari objek. *Point cloud* merupakan data titik yang merepresentasikan koordinat X, Y dan Z pada sistem koordinat 3 dimensi. Dalam membuat rekonstruksi 3 dimensi terdapat dua teknik yang digunakan, yaitu teknik aktif dan pasif (Hidayat & Wibirama 2013). Salah satu metode teknik aktif adalah Terrestrial Laser Scanning yang dilakukan dengan cara *scanning* objek (Hidayat & Wibirama 2013). Dalam metode *scanning* terdapat beberapa kekurangan yaitu memerlukan kalibrasi cahaya pada objek yang akan discanning dan juga memerlukan biaya yang relative besar karena membutuhkan banyak peralatan. Sedangkan pada teknik pasif, rekonstruksi 3 dimensi dilakukan dengan cara mengambil banyak citra dari objek dalam berbagai sudut. Citra merupakan representasi digital dari objek pada dunia nyata yang diambil menggunakan kamera digital. Citra tersebut diolah menggunakan algoritma *Structure-from-Motion* (SfM) yang akan memproyeksikan objek ke dalam bentuk 3 dimensi (Westoby et al. 2012).

Terdapat berbagai macam metode untuk mendapatkan data topografi wilayah pertambangan. Badan Geologi Amerika Serikat menyediakan data topografi bumi yang diambil menggunakan satelit landsat 8. Data ini tersedia setiap 16 hari sekali untuk wilayah yang sama dan mempunyai resolusi spasial sebesar 30 meter persegi (Hossain et al. 2015). Metode ini kurang efektif digunakan dalam wilayah pertambangan karena untuk rekonstruksi 3 dimensi memerlukan data dengan resolusi tinggi dan juga data terbaru harus selalu tersedia setiap saat, mengingat topografi wilayah tambang

selalu berubah setiap harinya. Metode kedua yaitu dengan menggunakan pesawat terbang perintis untuk mengambil data topografi pada area lebih kurang 40 kilometer persegi (Nolan et al. 2015). Cara ini juga kurang efektif karena membutuhkan biaya yang tinggi dalam setiap kali melakukan akuisisi data. Dalam penelitian M. Westoby dan J. Brasington (2012) memperkenalkan metode akuisisi data topografi menggunakan *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV), yaitu pesawat terbang tanpa awak yang dikendalikan dari *ground station*. Metode ini dipresumsikan dapat efektif digunakan pada wilayah pertambangan karena dapat menghasilkan data beresolusi tinggi dan membutuhkan sedikit biaya.

Pada penelitian ini, penulis akan menggunakan teknik pasif dengan algoritma SfM karena memiliki beberapa keuntungan, yaitu memerlukan biaya yang relative rendah dan mempunyai tingkat akurasi yang tinggi (Westoby et al. 2012). Pada penelitian yang sudah dilakukan, SfM menerima masukan data berupa citra. Penelitian ini akan menggunakan video sebagai data masukan pada algoritma SfM. Dengan menggunakan video, dipresumsikan dapat mengurangi kesalahan pada saat pengambilan citra serta mencegah terjadinya kegagalan pada *trigger* otomatis kamera dan meningkatkan *overlap* atau kerapatan antar citra berurutan yang akan mempengaruhi jumlah *point cloud* yang dihasilkan. Penelitian ini akan melakukan uji hipotesis pada nilai *overlap* dan jumlah *point cloud*. Hipotesis nol (H_0) menyatakan bahwa variabel nilai *overlap* tidak mempengaruhi jumlah *point cloud*, sedangkan hipotesis alternatif menyatakan bahwa terdapat pengaruh antara nilai *overlap* dengan jumlah *point cloud*.

2. AREA PENELITIAN

Pertambangan merupakan sebagian maupun seluruh kegiatan penelitian, pengolahan, dan juga perusahaan yang berhubungan dengan mineral dan batubara yang berada di permukaan atau di dalam bumi. Seluruh kegiatan tersebut termasuk penyidikan, eksplorasi, konstruksi, pengolahan dan pemurnian, kelayakan hasil tambang, pengangkutan dan penjualan, serta proses pascatambang. Wilayah pertambangan yaitu wilayah yang potensi menghasilkan mineral dan batubara dari permukaan atau dari dalam bumi, yang berada di daratan maupun lautan. Wilayah

pertambangan harus memiliki kriteria adanya indikasi formasi batuan dan mempunyai potensi sumber daya tambang dalam wujud padat atau cair (Pemerintah et al. 2010).

Salah satu hasil dari eksplorasi sumber daya alam di Indonesia adalah pertambangan batubara. Sisa tumbuh-tumbuhan yang mengalami proses secara alami selama jutaan tahun lamanya telah membentuk batubara yang merupakan endapan karbon senyawa organik, termasuk juga bitumen padat, gambut, dan batuan aspal. Studi kasus pada penelitian ini adalah pertambangan batubara terbuka tanpa adanya vegetasi yang terletak di kawasan Tanah Laut, Banjarmasin.

3. DATA DAN METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan data video yang diambil menggunakan UAV dengan posisi kamera 90 derajat terhadap permukaan tanah. Data sampel yang digunakan berdurasi 1 menit dengan ukuran 1080p 25 *frame per second* (fps). Penelitian ini tidak melakukan pra-proses pada data video.

Langkah pertama dalam memproses data sampel adalah melakukan ekstraksi video menjadi citra berurutan. Setelah citra berurutan didapatkan, proses perhitungan *overlap* dilakukan dengan menggunakan persamaan (1).

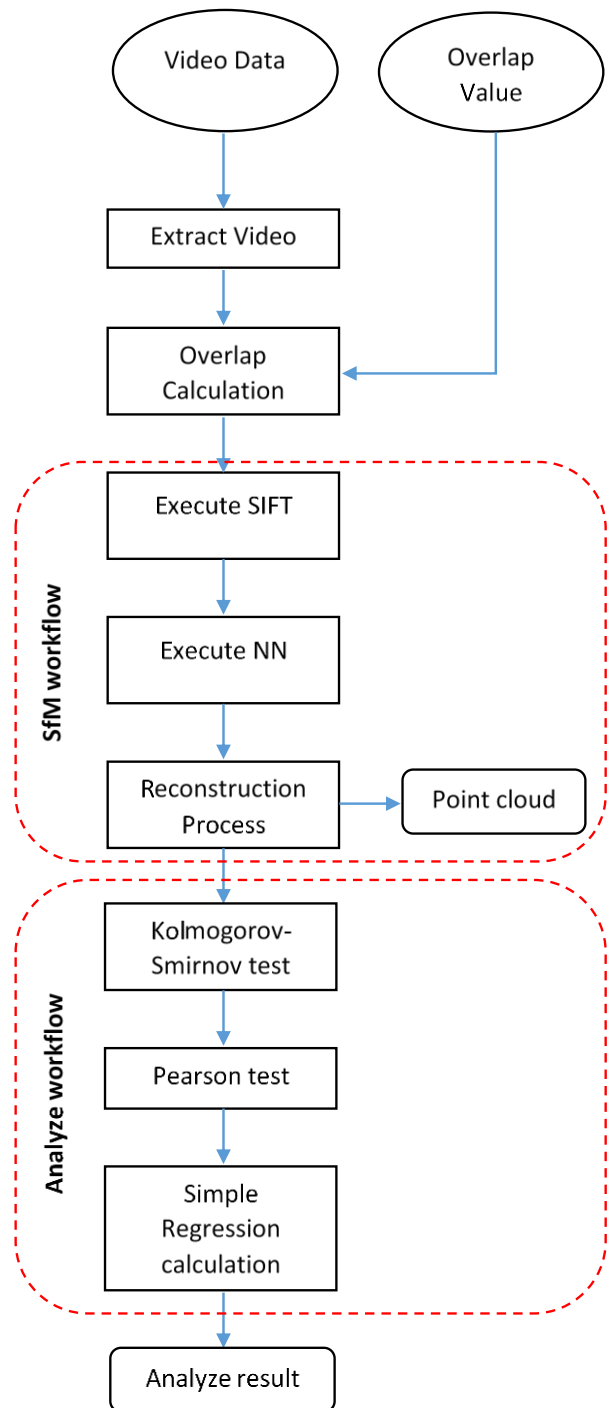
$$Overlap = \left(\frac{area\ overlap}{total\ area} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Ekstraksi fitur pada citra menggunakan *Scale Invariant Feature Transform* (SIFT) karena algoritme ini memiliki kemampuan yang terbaik dalam hal *Scale, rotation, blur* dalam mendeteksi fitur (Juan 2009). SIFT cocok digunakan dalam proses deteksi fitur pada algoritma SfM karena menghasilkan banyak *Interest point* pada satu citra sehingga akan mempengaruhi jumlah *point cloud* yang akan dihasilkan (Turner et al. 2012).

Untuk menemukan pasangan *interest point* pada setiap citra digunakan metode *brute force*. Mencocokkan *interest point* pada setiap citra menggunakan pendekatan *Nearest Neighbor* (NN) yang berbasis pada *Euclidean Distance* (Theodoridis & Koutroumbas 2003).

Terdapat beberapa langkah untuk melakukan proses rekonstruksi, yaitu melakukan perhitungan fundamental matrik menggunakan *eight-point algorithm*, perhitungan matrik *essential* untuk mendapatkan posisi kamera, dan melakukan proyeksi *interest point* pada sistem

koordinat 3 dimensi untuk mendapatkan *point cloud* menggunakan metode *triangulation* (Szeliski 2011).

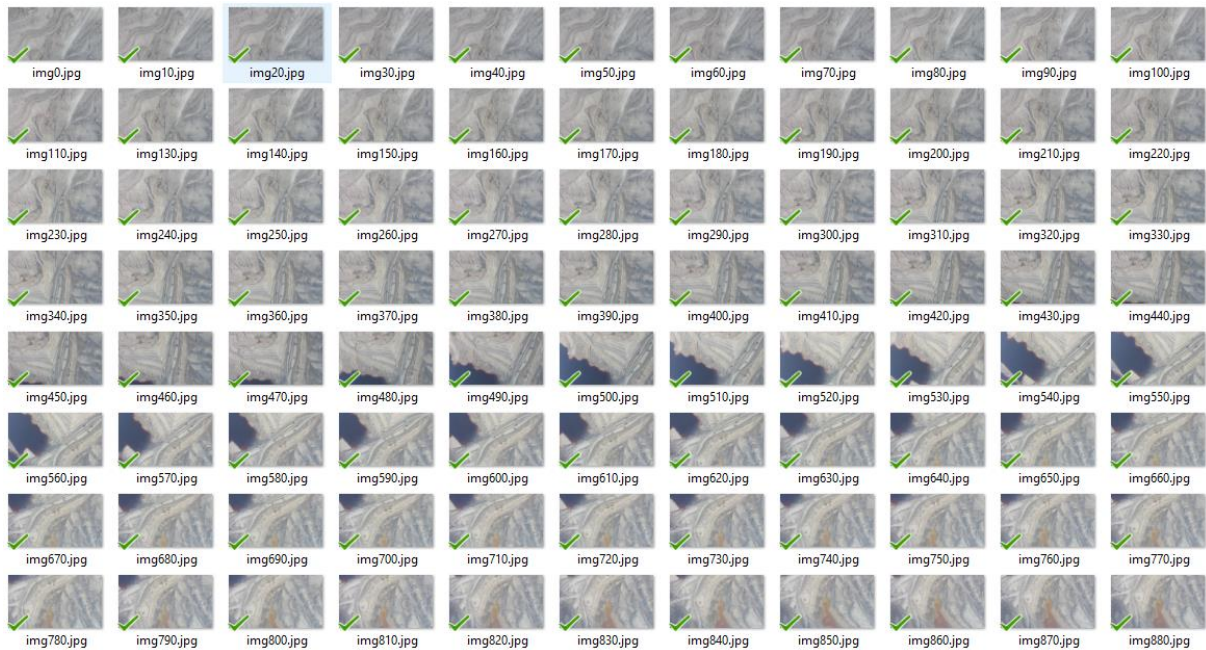


Gambar 1. Metodologi penelitian

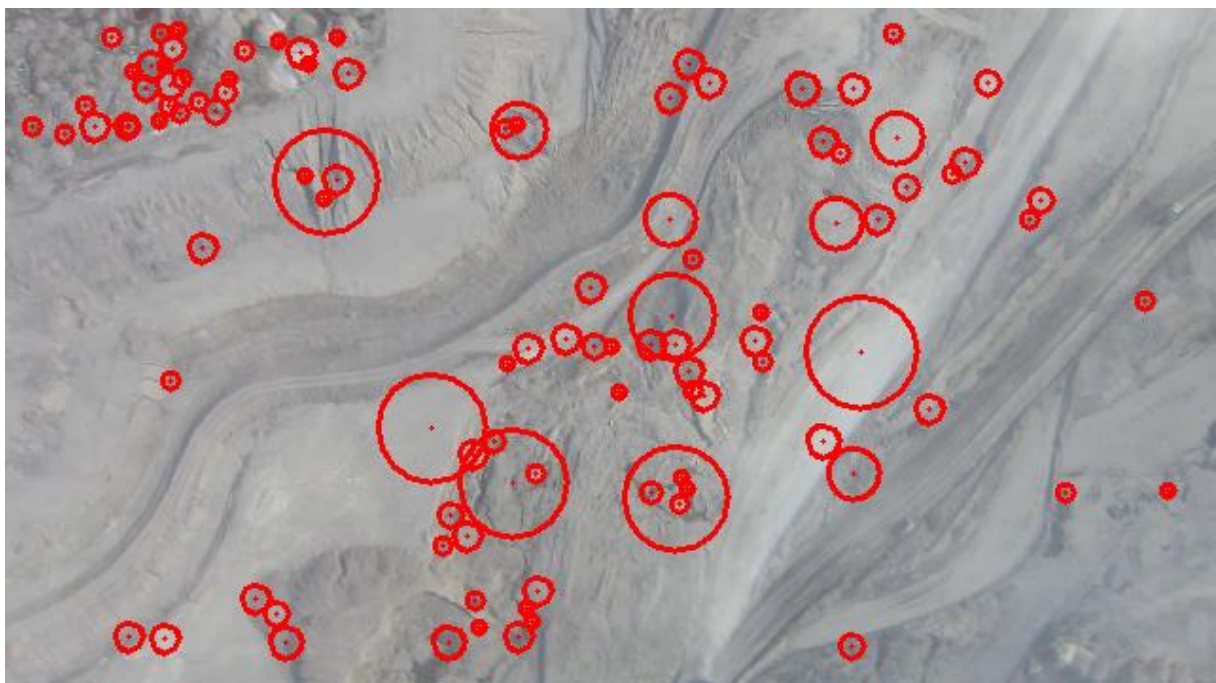
Setelah mendapatkan *point cloud*, hasil *output* dianalisis menggunakan metode *simple regression*. Metode ini dapat dilakukan dengan kondisi data berdistribusi normal dan data memiliki hubungan. Tes *Kolmogorov-Smirnov*

dilakukan untuk memeriksa normalitas data dan tes *Pearson* dilakukan untuk memeriksa hubungan data. Hasil dari perhitungan *simple regression* digunakan untuk membuat keputusan pada hipotesis.

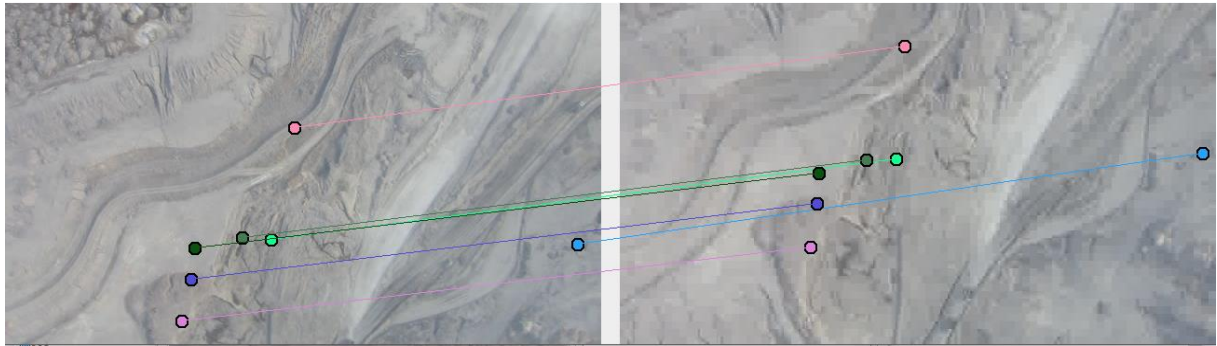
Seluruh proses pada penelitian ini diimplementasikan menggunakan Bahasa java dan library *boofcv*. Ringkasan dari metodologi penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



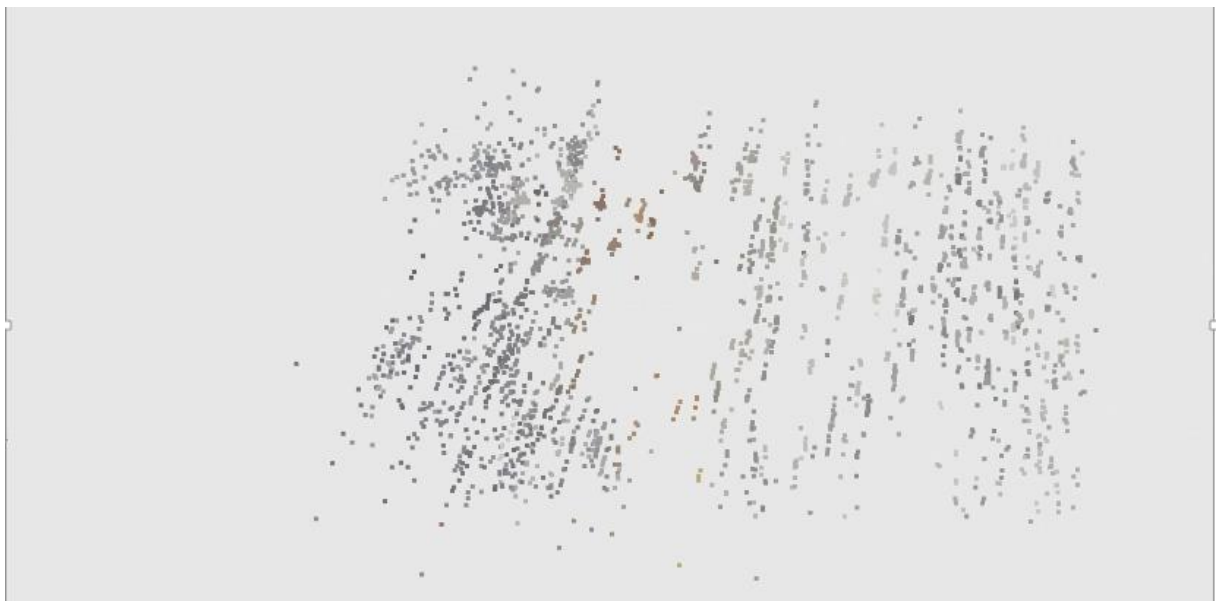
Gambar 2. Visualisasi citra berurutan



Gambar 3. Visualisasi hasil SIFT



Gambar 4. Visualisasi pencocokan fitur

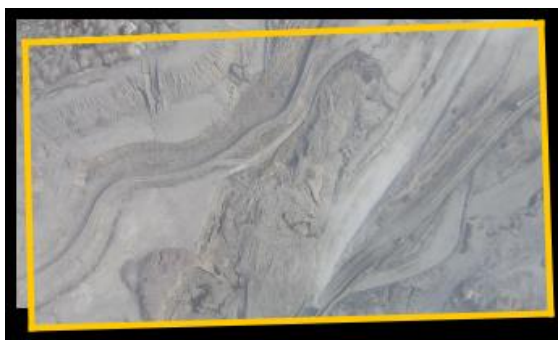


Gambar 5. Visualisasi Point Cloud

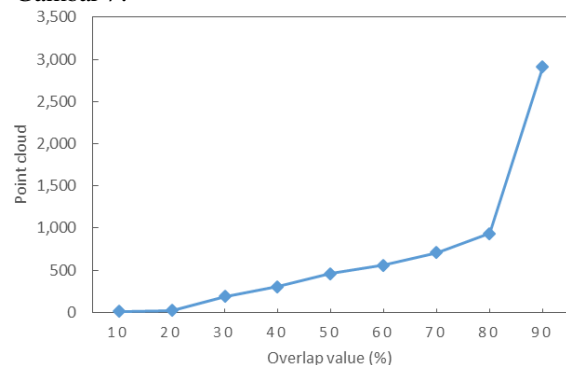
4. HASIL DAN DISKUSI

Ekstraksi data video menghasilkan 1413 citra berurutan. Hasil visualisasi pada ekstraksi video ditunjuka pada Gambar 2. Hasil perhitungan yang ditunjukkan pada Gambar 3, terdapat 597 *interest point* pada citra frame 0. Salah satu koordinat *interest point* berada pada 251, 321. Pada pencocokan fitur antara frame 0 dan frame 1, terdapat 12 pasang *interest point*, visualisasi ditunjukkan pada Gambar 4.

Dengan masukan nilai *overlap* 90% yang ditunjukkan pada Gambar 6, proses rekonstruksi pada penelitian ini menghasilkan 2910 *point cloud* yang ditunjukkan pada Gambar 5. Pada pengujian untuk menentukan pengaruh nilai *overlap* terhadap jumlah *point cloud*, proses pengambilan keputusan menggunakan hipotesis, Jika nilai perhitungan *simple regression* lebih besar dari nilai tabel F statistika, maka tolak H_0 and terima H_a . Grafik pengujian nilai *overlap* terhadap jumlah *point cloud* ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 6. Visualisasi overlap 90% pada citra



Gambar 7. Grafik hasil pengujian

Hasil dari pengujian normalitas data menggunakan tes Kolmogorov-Smirnov menunjukkan bahwa kedua variabel, yaitu nilai *overlap* dan jumlah *point cloud* berdistribusi normal. Pada tes Pearson terhadap kedua variabel, menghasilkan nilai 0.799, hal ini menunjukkan bahwa kedua variabel memiliki hubungan. Pengujian *simple regression* pada kedua variabel menghasilkan nilai F sebesar 12.408, nilai ini lebih besar dari tabel F statistika, sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai *overlap* berpengaruh pada jumlah *point cloud*.

5. KESIMPULAN

Ekstraksi data video dapat dilakukan dengan membaca setiap frame video tersebut. Metode SfM dapat digunakan untuk melakukan rekonstruksi pada wilayah pertambangan batubara dengan beberapa langkah, yaitu mendeteksi *interest point*, pencocokan citra, dan membuat proyeksi untuk mendapatkan estimasi *point cloud* pada sistem koordinat 3 dimensi.

Besarnya nilai *overlap* dapat mempengaruhi jumlah *point cloud*. Hal ini dibuktikan dengan hasil perhitungan *simple regression* menghasilkan nilai 12,408. Nilai tersebut lebih besar dari nilai tabel F statistika, sehingga dapat diambil keputusan bahwa semakin besar nilai *overlap*, maka akan semakin banyak jumlah *point cloud*.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Arles, A. et al., 2013. 3D RECONSTRUCTION AND MODELING OF SUBTERRANEAN LANDSCAPES IN COLLABORATIVE MINING ARCHEOLOGY PROJECTS : TECHNIQUES , APPLICATIONS AND EXPERIENCES. , XL(September), pp.2–6. Available at: <http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XL-5-W2/61/2013/isprsarchives-XL-5-W2-61-2013.pdf> [Accessed October 24, 2016].
- Badan Pusat Statistik, 2012. Produksi Barang Tambang Mineral, Available at: <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1126> [Accessed June 3, 2017]
- Chen, J. et al., 2015. Open-pit mining geomorphic feature characterisation. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 42, pp.76–86. Available at: [http://intra.tesaf.unipd.it/people/tarolli/Papers/Chen et al. \(2015\).pdf](http://intra.tesaf.unipd.it/people/tarolli/Papers/Chen et al. (2015).pdf).
- Dandois, J.P. & Ellis, E.C., 2013. High spatial resolution three-dimensional mapping of vegetation spectral dynamics using computer vision. *Remote Sensing of Environment*, 136, pp.259–276. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2013.04.005>.
- Dewan Energi Nasional, 2014. *Outlook Energi Indonesia 2014 F*. Rahman & S. Abdurahman, eds., Jakarta Selatan: Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional. Available at: <http://prokum.esdm.go.id/Publikasi/OutlookEnergi2014.pdf> [Accessed February 28, 2016].
- Hidayat, R. & Wibirama, S., 2013. Rekonstruksi Objek 3D dari Multiple Images. *Vision Computing*, 2(4), pp.46–51. Available at: <http://ejnteti.jteti.ugm.ac.id/index.php/JNTETI/article/download/27/76> [Accessed January 18, 2016].
- Hossain, M.S. et al., 2015. Application of Landsat images to seagrass areal cover change analysis for Lawas, Terengganu and Kelantan of Malaysia. *Continental Shelf Research*, 110, pp.124–148. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.csr.2015.10.009>.
- Indonesia Investments, 2016. Sepuluh Besar Produsen Batubara 2014, Available at: <https://www.indonesia-investments.com/id/bisnis/komoditas/batubara/item236?> [Accessed October 30, 2016]
- Juan, L., 2009. A Comparison of SIFT , PCA-SIFT and SURF. *International Journal of Image Processing*, 3(4), pp.143–152. Available at: <http://www.cscjournals.org/manuscript/Journals/IJIP/Volume3/Issue4/IJIP-51.pdf> [Accessed December 9, 2016].
- Nolan, M., Larsen, C. & Sturm, M., 2015. Mapping snow depth from manned aircraft on landscape scales at centimeter resolution using structure-from-motion photogrammetry. *Cryosphere*, 9(4), pp.1445–1463. Available at: <http://www.the-cryosphere.net/9/1445/2015/tc-9-1445->

- 2015.pdf [Accessed February 18, 2016].
- Pemerintah, P. et al., 2010. *Peraturan pemerintah republik indonesia nomor 22 tahun 2010 tentang Wilayah Pertambangan*, Available at: [http://pprpt.atr-bpn.go.id/ppr/downloads/a439e814794b1248ae6936aa90c43df32fe867ad/PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA NOMOR 22 TAHUN 2010 TENTANG WILAYAH PERTAMBANGAN.pdf](http://pprpt.atr-bpn.go.id/ppr/downloads/a439e814794b1248ae6936aa90c43df32fe867ad/PERATURAN%20PEMERINTAH%20REPUBLIK%20INDONESIA%20NOMOR%2022%20TAHUN%202010%20TENTANG%20WILAYAH%20PERTAMBANGAN.pdf) [Accessed March 19, 2016].
- Pollefeys, M. et al., 2008. Detailed Real-Time Urban 3D Reconstruction from Video. *International Journal of Computer Vision*, 78(2-3), pp.143–167. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s11263-007-0086-4>.
- Szeliski, R., 2011. Computer Vision. In *Computer*. p. 832. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/978-1-84882-935-0> [Accessed March 22, 2016].
- Theodoridis, S. & Koutroumbas, K., 2003. *Pattern Recognition*, Available at: [http://www.manalhelal.com/Books/F2014/Pattern Recognition_2003.pdf](http://www.manalhelal.com/Books/F2014/Pattern%20Recognition_2003.pdf) [Accessed June 3, 2017].
- Turner, D., Lucieer, A. & Watson, C., 2012. An automated technique for generating georectified mosaics from ultra-high resolution Unmanned Aerial Vehicle (UAV) imagery, based on Structure from Motion (SFM) point clouds. *Remote Sensing*, 4(5), pp.1392–1410. Available at: <http://www.mdpi.com/2072-4292/4/5/1392/htm> [Accessed January 13, 2017].
- Westoby, M.J. et al., 2012. “Structure-from-Motion” photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 179, pp.300–314. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.08.021> [Accessed November 13, 2015].