

## Perekaman Data Geologi Secara Cepat Dengan Metode Fotogrametri

Hurien Helmi<sup>1</sup>, Obrin Trianda<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Geologi, STTNAS Yogyakarta

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Geologi, STTNAS Yogyakarta

Korespondensi : hurien.helmi@sttnas.ac.id

### ABSTRAK

Perlindungan singkapan batuan yang mengandung informasi penting untuk dilakukan dalam rangka memahami proses geologi yang terjadi. Proses alam seperti pelapukan dan erosi, serta aktivitas manusia mengancam keberadaan singkapan tersebut untuk tetap utuh. Kami memperkenalkan metode sederhana dan cepat untuk mendokumentasikan data geologi menggunakan teknik fotogrametri. Teknik ini melibatkan akuisisi foto dengan kamera yang sederhana dan kemudian pemrosesan data dilakukan di perangkat lunak Agisoft Photoscan untuk membuat model 3D dan tiled model. Kami mendokumentasikan dua singkapan batuan yang berada di wilayah pemetaan lapangan Geological Engineering STTNAS Yogyakarta pada tahun 2018. Dengan menggunakan model tersebut, kami mampu mengidentifikasi dan mendelineasi data geologi seperti kontak litologi dan komponen struktur seperti kekar dan sesar. Kontak litologi dapat dikenali dari warna kontras, warna dan tekstur yang terkandung di model 3D tersebut. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa teknik fotogrametri berguna dalam hal mendokumentasikan dan menginterpretasikan data geologi dari singkapan dengan prosedur yang relatif sederhana dan cepat. Teknik ini juga sangat bermanfaat dalam menjaga informasi penting singkapan tersebut jika keberadaannya terancam oleh proses alam atau aktivitas manusia.

Kata kunci: Singkapan Batuan, fotogrametri, Bayat, SfM

### ABSTRACT

*Preservation of outcrops can be crucial as it may contain important information to understand geological processes. Natural processes for example weathering and erosion, as well as human activities such as mining can make the outcrop preservation difficult. We introduce a simple and fast method to document geological outcrop using photogrammetry techniques. The techniques involving photo acquisition with simple camera and processing using Agisoft Photoscan software to create 3D model and tiled model imagery. We implement the procedure to document two outcrops in the area of field mapping of Geological Engineering STTNAS Yogyakarta in 2018. Using the models, we were able to identify and delineate geological data such as lithological contacts and structural features such as fractures and faults. The lithological contacts can be recognized from contrast tone, color and texture in the model imagery. Results from this study demonstrate that photogrammetry techniques is useful to document and interpret geological data from outcrops with a relatively simple and quick procedure. This also especially useful in the case where the outcrop's existence is endangered either by natural processes or human activities.*

*Keyword : outcrops, fotogrametri, Bayat, SfM*

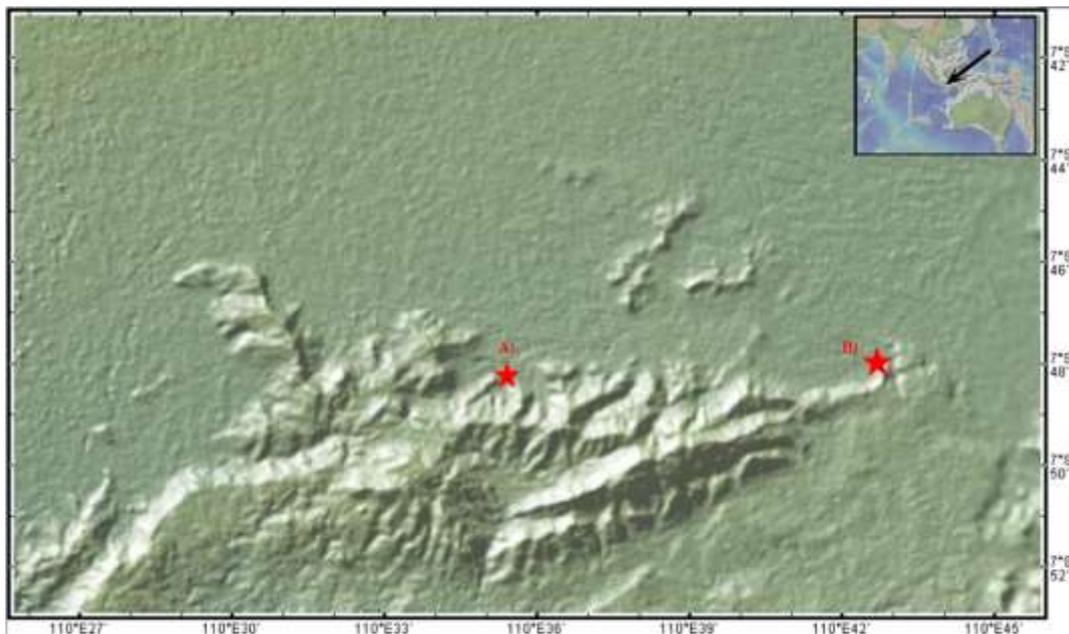
## 1. PENDAHULUAN

Kita biasanya merekam atau mendokumentasikan suatu fenomena, kejadian, proses dan gejala geologi dengan menggunakan sketsa atau foto. Sebagai contoh adalah mensketsa geomorfologi dalam pemetaan geologi [1]. Rekaman data geologi juga dapat dilakukan dengan cara pengambilan foto objek geologi yang ada di lapangan dengan menggunakan kamera. Untuk objek geologi kompleks dengan dimensi yang luas, kita biasanya merekam dengan mengambil beberapa foto dari sudut yang berbeda dan melakukan proses penggabungan foto-foto tersebut agar keseluruhan objek terekam dengan baik. Proses penggabungan foto ini dapat dilakukan secara manual maupun secara otomatis dengan komputer untuk hasil yang lebih bagus. Salah satu penggabungan foto yang dilakukan dengan komputer adalah pembuatan foto mosaik parit uji di sesar San Jacinto, California [2].

Berkembangnya teknologi fotogrametri mempermudah proses pengambilan gambar dan menghasilkan topografi dengan resolusi tinggi. Dalam beberapa tahun ini, penggunaan Digital Elevation Model (DEM) beresolusi tinggi yang diperoleh melalui sistem Light Detection and Ranging (LiDAR, baik airborne maupun terrestrial) dan unmanned aerial vehicle (UAV) untuk analisis topografi semakin meningkat [3], [4], salah satunya untuk pemetaan sesar aktif [5] dan juga untuk pemetaan dan monitoring gerakan tanah [6], [7]. Dengan menggunakan data DEM dan topografi beresolusi tinggi, identifikasi gejala-gejala geologi seperti retakan/fissures, sesar, jenis litologi dan geometrinya bisa dilakukan dengan baik [6]. Selain

menghasilkan data topografi beresolusi tinggi, teknik fotogrametri ini juga bisa digunakan untuk mendeteksi adanya deformasi permukaan dengan menggunakan data akuisisi yang berbeda waktu pengambilannya [7]. Hal ini bisa dimanfaatkan salah satunya untuk monitoring gerakan tanah. Pemanfaatan topografi resolusi tinggi juga telah dipakai untuk menganalisis singkapan dalam rangka untuk mengkaji daerah yang rentan terhadap gempa bumi di daerah Yogyakarta [8].

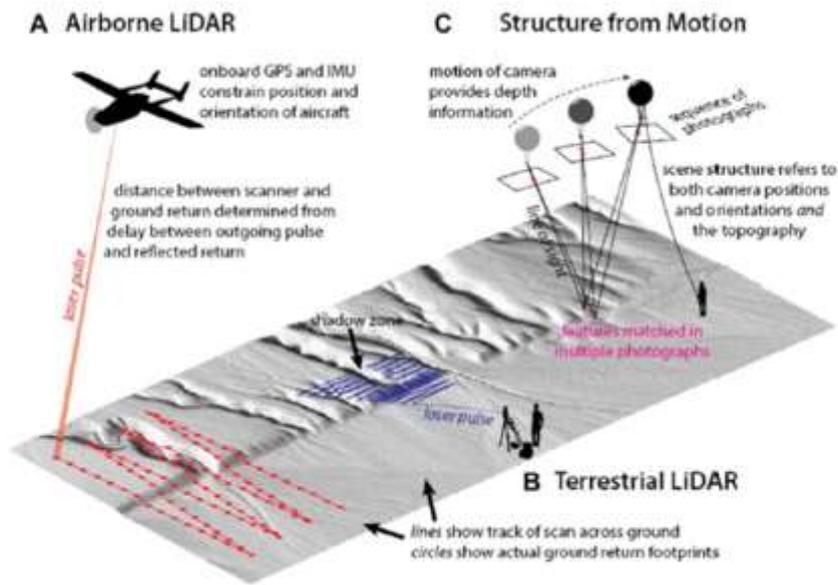
Pada penelitian ini, kami menerapkan teknik yang sama untuk memperoleh gambar permukaan singkapan dengan resolusi tinggi. Teknik fotogrametri yang diterapkan akan menghasilkan foto 3D beresolusi tinggi yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi gejala dan fitur geologi serta mendokumentasikan data geologi secara cepat. Rekaman data geologi tersebut kemudian bisa diinventarisasi sehingga meskipun singkapan tersebut hilang karena proses erosi permukaan maupun manusia, kita masih dapat melakukan identifikasi dengan baik.



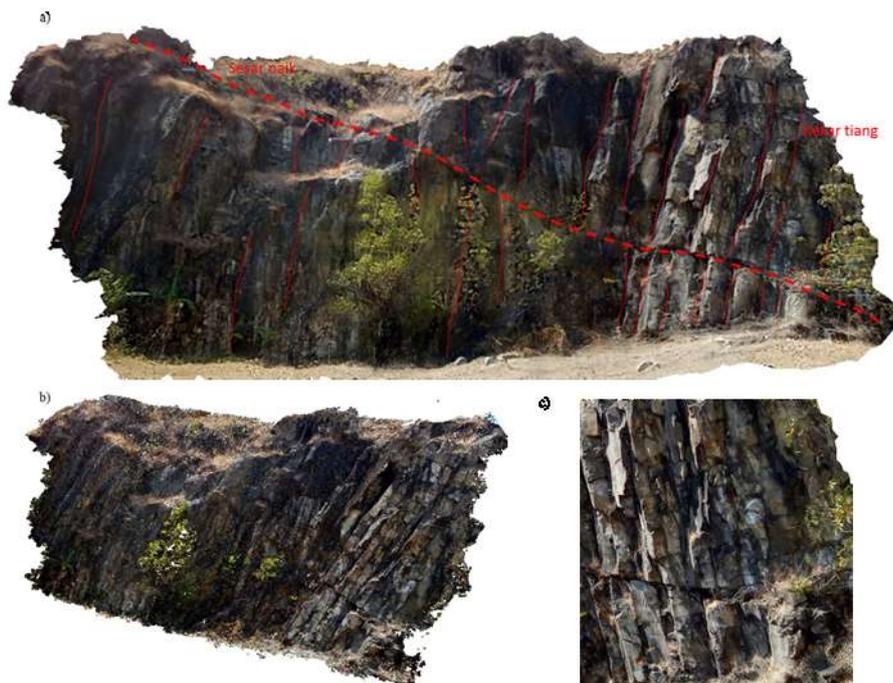
Gambar 1. Lokasi daerah pengambilan foto singkapan, A) di daerah Watu Gadjah, B) di Dusun Jentir, Bayat Jawa Tengah

## 2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, kami menggunakan metode pengamatan berbasis penginderaan jauh. Proses pengambilan dan proses pembuatan tektur 3 D dan tiled model dengan metode *structure from motion* (Gambar 2). Metode ini dapat dilakukan dengan harga terjangkau dengan proses akuisisi data yang mudah. Dengan metode ini, data topografi dengan resolusi yang tinggi hingga skala centimeter bisa diperoleh. Dalam penelitian ini, kami menerapkan metode sesederhana mungkin sehingga nantinya metode ini bisa diikuti dan dimanfaatkan oleh siapa saja yang memiliki kamera dengan berbagai kualitas. Kami menggunakan kamera belakang smartphone Moto C plus dengan spesifikasi kamera adalah 8 MP, aperture f/22, lensa 71° dan memanfaatkan fitur kamera fokus otomatis untuk pengambilan foto singkapan yang dianalisa. Proses pengambilan foto dilakukan dengan menyentuh layar smartphone tersebut. Pengambilan foto dilakukan dari berbagai sudut. Foto-foto tersebut kemudian dipilah berdasarkan kualitasnya. Foto dengan kualitas bagus kemudian diproses dengan menggunakan perangkat lunak komputer Agisoft Photoscan. Dengan menggunakan software ini kita akan memperoleh *tiled model* dan model 3D dengan resolusi gambar yang tinggi. Kami kemudian menggunakan gambar tersebut untuk mengenali gejala dan fitur geologi daerah penelitian.



Gambar 2. Ilustrasi pengambilan data topografi dari berbagai sistem fotogrametri, diadopsi dari [5]



Gambar 3. Hasil prosesing data melalui Agisoft Photoscan, a) *Tiled model* menunjukkan kenampakan sesar (garis putus-putus tebal berwarna merah) yang memotong kekar-kekar kolom tubuh batuan beku intrusi (garis putus-putus tipis berwarna merah) *Dense point cloud*, c) 3D Model yang menunjukkan rona gelap dan warna yang relatif seragam, abu-abu kehitaman serta tekstur relatif halus

### 3. HASIL DAN ANALISIS

Sejumlah 18 foto diambil di daerah Watu Gajah pada singkapan batuan beku intrusi dan 43 foto diambil di dusun Jentir pada singkapan perselingan tuff dan batupasir-batulempung dibagian bagian bawah dan di atasnya batugamping (Gambar 1). Hasil pemodelan tekstur 3D dan *tiled model* dari gambar tersebut menunjukkan kualitas gambar yang cukup baik, hal ini dapat dilihat dari variasi nilai ukuran piksel mosaik foto yang diperoleh pada masing-masing singkapan batuan. Ukuran piksel mosaik foto udara memiliki kualitas cukup bagus dengan variasi nilai 3.81 mm/piksel-1.46 cm/piksel. Ukuran piksel pada *tiled model* yang berbeda-beda nilainya dipengaruhi oleh kualitas piksel foto itu sendiri, dan seberapa banyak foto yang tumpang tindih untuk mengenali objek di dalam foto tersebut. Berdasarkan kualitas gambar pada masing-masing singkapan batuan kita dapat memvalidasi kualitas piksel foto tersebut dengan memperbesar gambar model tersebut dengan beberapa kali perbesaran sehingga akhirnya gambar tersebut menjadi pecah atau blur. Kurang bagusnya kualitas gambar tersebut masih bisa ditolerir mengingat kamera yang digunakan hanya dengan menggunakan kamera smartphone dan memanfaatkan fitur fokus otomatis, sehingga kejernihan gambar hanya pada area tertentu saja. Namun demikian, fitur-fitur geologi yang terekam di dalam mosaik foto tersebut masih teramati dengan sehingga kita masih dapat mendelineasi dan menginterpretasi kondisi geologi yang ada di daerah penelitian.

Dalam melakukan interpretasi model tekstur 3D dan *tiled model*, kami menerapkan unsur-unsur interpretasi citra seperti rona dan warna, bentuk dan tekstur untuk mengenali, mengidentifikasi dan menganalisis objek-objek geologi yang terekam pada foto tersebut

Pemodelan tekstur 3D dan *tiled model* pertama dilakukan pada singkapan batuan yang berada di daerah Watu Gajah, Kecamatan Gedang Sari, Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta. Daerah ini tersusun oleh sikuen batuan vulkaniklastik Formasi Kebo-Butak [9] dan batuan terobosan jenis basalt dan mikrogabro [10]. Hasil pemodelan singkapan batuan pada lokasi ini menunjukkan kualitas gambar yang baik menghasilkan resolusi sebesar 1.46 cm/piksel (Gambar 3). Pada *tiled model* singkapan batuan terlihat kenampakan rona gelap dan warna abu-abu kehitaman serta tekstur halus-sedang yang seragam sehingga kita dapat menyimpulkan bahwa singkapan batuan ini hanya tersusun oleh satu jenis batuan.

Adanya sedikit variasi warna disebabkan oleh adanya perbedaan intensitas pelapukan batuan yang cenderung dipengaruhi oleh komposisi mineral penyusunnya yang bervariasi antara spot yang satu dengan spot yang lainnya. Fitur geologi lainnya dapat kita amati adalah kenampakan batas tegas disepanjang tubuh singkapan batuan yang seolah-olah membagi singkapan batuan menjadi dua bagian, bagian atas dan bawah. Garis tegas ini berasosiasi dengan struktur minor berupa sesar naik dengan kedudukan  $N 145^{\circ}E/26^{\circ}$  dan gores garis  $85^{\circ}N$  [10]. Berdasarkan *tiled model* kita juga melihat adanya kelurusan-kelurusan tegas yang arahnya relatif vertikal. Kelurusan-kelurusan yang hampir vertikal ini berasosiasi dengan kekar tiang yang kemiringan kolomnya berkisar antara  $74^{\circ} - 76^{\circ}$ , relatif tegak lurus terhadap suatu bidang perlapisan dengan kemiringan  $16^{\circ}$  yang diinterpretasikan sebagai batuan intrusi berupa sill [10]. Pada gambar model 3D ini, kita juga dapat mendeteksi keberadaan offset sesar naik yang diinterpretasikan berdasarkan adanya kontras rona terang-gelap dan warna abu-abu - hitam, serta tekstur di sepanjang bidang sesar tersebut

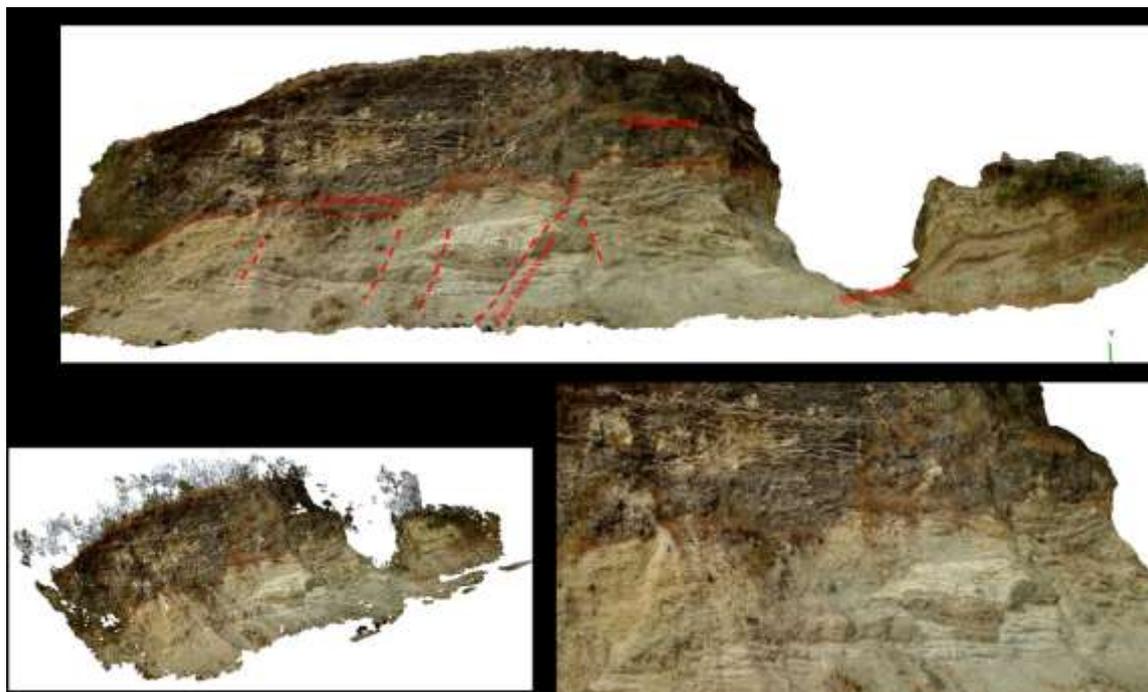
Pemodelan tekstur 3D dan *tiled model* selanjutnya dilakukan pada singkapan batuan di Dusun Jentir yang termasuk ke dalam Formasi Semilir dan Formasi Oyo. Bagian bawah singkapan tersusun atas perselingan tuff dan batupasir-batulempung, merupakan bagian dari Formasi Semilir, sedangkan di bagian atas formasi ini menumpang secara selaras batugamping dari Formasi Oyo [11]. Hasil pemodelan ortophoto pada lokasi ini menunjukkan kualitas gambar yang baik dengan nilai ukuran piksel 3.81 mm/piksel. Berdasarkan analisis unsur-unsur citra; rona dan warna, tekstur pada model tersebut, kami mengidentifikasi adanya dua jenis batuan yang berbeda.

Pada model tekstur 3D dan *tiled model* dapat diamati adanya perbedaan rona gelap yang berwarna abu-abu kehitaman dan rona terang yang berwarna abu-abu kekuningan. Batas kontras antara dua rona ini kemungkinan berasosiasi dengan adanya batas litologi. Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan, rona gelap di bagian atas menunjukkan asosiasi dengan batugamping sedangkan rona cerah di bagian bawah berasosiasi dengan batuan berupa perselingan batupasir, batulempung dan tuff. Batas kontras dua lapisan batuan ini relatif horizontal (Gambar 4).

Selain batas lapisan, fitur geologi lain yang dapat diamati pada mosaik foto ini berupa sesar yang memotong perlapisan batuan. Keberadaan sesar-sesar tersebut terlihat dari adanya pergeseran tubuh batuan dengan rona yang berbeda yang dibatasi oleh batas vertikal, sebagian berupa batas yang tegas dan sebagian lagi tidak terlalu jelas. Fitur geologi lainnya yang teramati berupa *drag fold* pada sisi selatan singkapan. Keberadaan *drag fold* ini teridentifikasi dengan adanya perlapisan batuan, baik perselingan tuff dan batupasir dan batulempung yang terlipatkan.

Hasil penelitian ini menunjukkan kesuksesan teknik fotogrametri dalam perekaman data-data geologi di daerah penelitian. Hasil perekaman dan analisa data geologi pada pemodelan tekstur 3D dan *tiled model* konsisten dengan hasil pengamatan dan pengukuran secara langsung di lapangan. Proses pengambilan dan

pemrosesan foto yang diambil cukup cepat dan relatif mudah sehingga metode ini berguna dalam pendokumentasian data singkapan batuan.



Gambar 4. Hasil prosesiing data melalui Agisofst Photoscan, a) *Tiled model* menunjukkan kenampakan sesar turun (garis putus-putus tebal berwarna merah) yang memotong perlapisan tuff dan perselingan batupasir batu lempung, b) *Dense point cloud*, c) *3D Model* dengan perbesaran tertentu yang menunjukkan perbedaan rona, warna dan tekstur yang berbeda untuk setiap litologi.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian kami menunjukkan bahwa perekaman data geologi dapat dilakukan dengan cepat dan hasil yang akurat. Pendokumentasian ini penting dilakukan sehingga apabila data geologi tersebut hilang karena proses geologi maupun oleh aktivitas manusia, kita masih bisa mempelajarinya berdasarkan hasil rekaman yang ada. Pada penelitian ini, perekaman data geologi dengan menggunakan teknik fotogrametri cukup sukses diterapkan meskipun kualitas gambar masih bisa ditingkatkan. Kualitas gambar yang tidak cukup baik disebabkan karena kamera yang digunakan bukan merupakan kamera dengan spesifikasi tinggi. Walaupun demikian, fitur-fitur geologi masih dapat dideteksi dengan baik. Dengan adanya sudi ini, harapan kami adalah meningkatnya minat untuk merekam data-data geologi, terutama di daerah Bayat. Pentingnya pendokumentasian ini, terutama di Bayat karena daerah tersebut banyak terdapat singkapan yang menyimpan data geologi yang penting. Walaupun terdapat data geologi yang penting, preservasi singkapan sulit dilakukan dengan maraknya aktivitas pertambangan di daerah tersebut yang mengancam keberadaan singkapan-singkapan penting yang memegang peran penting dalam memahami proses geologi di Bayat.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Data geologi dalam penelitian diambil pada saat pelaksanaan Kuliah Geologi Lapangan II STTNAS yogyakarta tahun 2018 yang dilaksanakan pada tanggal 24 Agustus 2018-7 September 2018. Penulis berterima kasih kepada seluruh dosen Teknik Geologi STTNAS Yogyakarta, khususnya kepada bapak Dr. Hill. G. Hartono, S.T., M.T. , Al Hussein Flower R, S.T., M.Eng., Paramitha Tedja, S.T., M.Eng., Rizqi M.Mahbub, S.T., M.T., Okki Verdiansyah S.T., M.T. atas diskusinya baik di lapangan maupun di kampus. Penulis juga berterimakasih kepada tim penyusun buku panduan KL Bayat atas jalur ekskursi geologi yang menarik sehingga munculnya ide penelitian ini serta akhirnya kepada pihak-pihak yang telah berkontribusi terhadap penelitian ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Brahmantyo B, Salim B. Klasifikasi Bentuk Muka Bumi (Landform) untuk Pemetaan Geomorfologi pada Skala 1: 25.000 dan Aplikasinya untuk Penataan Ruang.
- [2] Marliyani GI, Rockwell TK, Onderdonk NW, McGill SF. Straightening of the Northern San Jacinto Fault, California, as Seen in the Fault-Structure Evolution of the San Jacinto Valley Stepover. *Bulletin of the Seismological Society of America*. 2013 Jun 1;103(3):2047-61.
- [3] Razak KA, Straatsma MW, Van Westen CJ, Malet JP, De Jong SM. Airborne laser scanning of forested landslides characterization: Terrain model quality and visualization. *Geomorphology*. 2011 Mar 1;126(1-2):186-200.
- [4] Ventura G, Vilardo G, Terranova C, Sessa EB. Tracking and evolution of complex active landslides by multi-temporal airborne LiDAR data: The Montaguto landslide (Southern Italy). *Remote Sensing of Environment*. 2011 Dec 15;115(12):3237-48
- [5] Johnson K, Nissen E, Saripalli S, Arrowsmith JR, McGarey P, Schärer K, Williams P, Blisniuk K. Rapid mapping of ultrafine fault zone topography with structure from motion. *Geosphere*. 2014 Oct 1;10(5):969-86.
- [6] Niethammer U, James MR, Rothmund S, Travelletti J, Joswig M. UAV-based remote sensing of the Super-Sauze landslide: Evaluation and results. *Engineering Geology*. 2012 Mar 9;128:2-11.
- [7] Lucieer A, Jong SM, Turner D. Mapping landslide displacements using Structure from Motion (SfM) and image correlation of multi-temporal UAV photography. *Progress in Physical Geography*. 2014 Feb;38(1):97-116.
- [8] Saputra A, Gomez C, Delikostidis I, Zawar-Reza P, Hadmoko DS, Sartohadi J, Setiawan MA. Determining Earthquake Susceptible Areas Southeast of Yogyakarta, Indonesia—Outcrop Analysis from Structure from Motion (SfM) and Geographic Information System (GIS). *Geosciences*. 2018 Apr 12;8(4):132.
- [9] Surono S. Litostratigrafi dan sedimentasi Formasi Kebo dan Formasi Butak di Pegunungan Baturagung, Jawa Tengah Bagian Selatan. *Indonesian Journal on Geoscience*. 2008 Dec 28;3(4):183-93.
- [10] Kurniawati E, Husein S, Setiawan NI. Karakteristik Kekar Tiang Pada Intrusi Mikrogabro Di Daerah Watu Gajah, Kecamatan Gedang Sari, Kabupaten Gunung Kidul, Provinsi Di Yogyakarta. Inproceeding, Seminar Nasional Kebumihan Ke-10 Peran Penelitian Ilmu Kebumihan Dalam Pembangunan Infrastruktur Di Indonesia 13–14 September 2017; Grha Sabha Pramana 2017 Sep 19. Casadei D, Serra G, Tani K. Implementation of a Direct Control Algorithm for Induction Motors Based on Discrete Space Vector Modulation. *IEEE Transactions on Power Electronics*. 2007; 15(4): 769-777. (in this case Vol.15, Issues 4, and page 769-777)
- [11] Surono BT, Sudarno I. Peta Geologi Lembar Surakarta-Giritontro, Jawa. Puslitbang Geologi, Bandung. 1992.