

## ARSITEKTUR ENDAPAN VULKANIKLASTIK BERDASARKAN STUDI SINGKAPAN FORMASI SEMILIR DI DAERAH NGORO-ORO, D.I.YOGYAKARTA

### ARCHITECTURE OF VOLCANICLASTIC DEPOSITS BASED ON A SEMILIR FORMATION OUTCROP STUDY IN THE NGORO-ORO AREA, D.I.YOGYAKARTA

Riyan Ranggas Yuditama\*<sup>1</sup>, Muhammad Irfan Harisulistyo<sup>2</sup>, Muhammad Pramaditya<sup>3</sup>

\*Email: [riyan.ranggas@gmail.com](mailto:riyan.ranggas@gmail.com)

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta

**Abstrak**— Formasi Semilir merupakan produk aktivitas vulkanik dari sistem subduksi antara lempeng benua Indo-Australia yang bergerak di bawah Lempeng Eurasia. Formasi Semilir memiliki umur Miosen Awal sebagai bagian dari Zona Pegunungan Selatan. Aktivitas vulkanik ini menghasilkan batuan vulkanik tebal yang kemudian mengendap di lingkungan laut dalam dan menciptakan berbagai karakteristik stratigrafi batuan. Penelitian ini dilakukan di dua lokasi yang berdekatan yaitu di Desa Gayamharjo dan Desa Ngoro-oro, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah stratigrafi detil pada singkapan batuan vulkaniklastik yang ideal yang didasarkan pada beberapa aspek beserta urutan untuk mengidentifikasi mekanisme transportasi, serta perubahan fasies vertikal dan lateral. Tujuan dari penelitian di daerah penelitian ini adalah untuk merekonstruksi mekanisme sedimentasi, lingkungan pengendapan, dan transportasi endapan massa (MTD), menentukan material asal berdasarkan analisis detil stratigrafi. Berdasarkan identifikasi dua singkapan diperoleh duabelas litofasies yang terbagi menjadi enam litofasies pada singkapan Gayamharjo yang terdiri dari endapan *debris flow*, batupasir *slump*, breksi *load cast*, batupasir *graded bedding*, batupasir massif, dan perselingan batu pasir dengan batulanau. Litofasies pada singkapan Ngoro-oro terdiri dari perselingan batupasir dengan batu lempung, batu pasir perlapisan, perselingan batu pasir tufan dengan batu lanau, batupasir masif, batulanau laminasi, dan batu pasir konvolut. Data yang diperoleh dari observasi lapangan dan analisis laboratorium dalam penelitian ini dapat diinterpretasikan dengan model dari peneliti sebelumnya. Hasil penelitian secara umum menunjukkan bahwa daerah penelitian ini berasal dari lingkungan *suprafan lobes* pada *mid fan* dan *upper fan channel fill deposits*.

**Kata kunci** — *Fasies, Vulkaniklastik, Semilir, MTD, Turbidit*

**Abstract**— Semilir Formation is a product of volcanic activity from a subduction system between the Indo-Australian continental plates that moves beneath the Eurasian Plate. This research was conducted at two adjacent locations, in Gayamharjo Village, Regency and Ngoro-oro Village, Gunung Kidul Regency, Special Region of Yogyakarta. The method used in this study on the ideal outcrop volcaniclastic rocks is detailed stratigraphy that based on several aspects therewith the sequences to identify a mechanism transportation, as well as vertical and lateral facies change. The intention of this study in the research area is to reconstruct sedimentary mechanism, deposit environment, and mass transport deposit (MTD), determine provenance based on detailed stratigraphy analysis. Based on identification of two outcrops is obtained a total twelve lithofacies that divided into six lithofacies at Gayamharjo outcrop consist of debris flow deposit, slumped sandstone, load casted breccia, graded bedding sandstone, massive sandstone, and interbedded sandstone and siltstone. Lithofacies at Ngoro-oro outcrop consists of interbedded sandstone and claystone, stratified sandstone, interbedded tuffaceous sandstone and siltstone, massive sandstone, laminated siltstone, and convolute bedding sandstone. The obtained data from field observation and laboratory analysis in this research can be interpreted with models from previous researchers. The outcome generally show that this research resulted from *suprafan lobes* on *mid fan* and *upper fan channel fill deposits*.

**Keywords** — *Facies, Volcaniclastic, Semilir, MTD, Turbidite*

## I. PENDAHULUAN

Formasi Semilir merupakan salah satu formasi yang terdapat pada Zona Pegunungan Selatan yang

berumur antara Miosen Awal – Miosen Tengah bagian bawah [1]. Formasi ini disusun litologi berupa tuff, tuff lapili, lapili batupung, batupasir tufan, breksi batupung, andesit dan batuserpih [1].

Endapan sedimen vulkaniklastik tersebut berasal dari aktivitas vulkanisme yang dihasilkan dari sistem subduksi yang kemudian terendapkan pada lingkungan laut dalam [2].

Pada penelitian yang mengungkapkan provenan dari Formasi Semilir dan posisi tektoniknya, tetapi belum menjelaskan bagaimana proses dan hasil endapannya. Oleh karena itu pembahasan di penelitian ini akan melengkapi dari segi proses dan hasil pengendapannya [3].

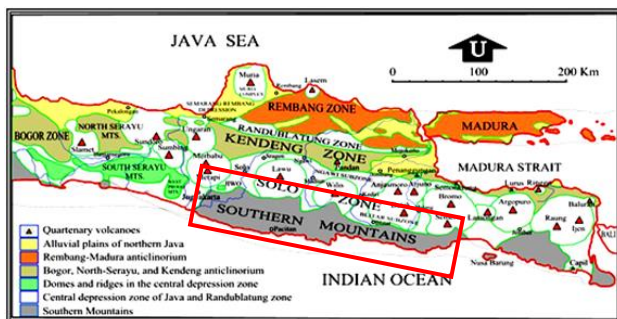
Lokasi penelitian berada di dua lokasi yang berdekatan, yaitu di Desa Gayamharjo dan Desa Ngoro-Oro, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Didapatkan litologi berupa batupasir tuffan, tuff karbonatan, breksi tuffan, batulanau dan batulempung. Struktur yang berkembang berupa *slump*, *convolute*, *load cast*, *ball and pillow*, *graded bedding*, perlapisan dan laminasi serta endapan *Debris Flow* yang berada pada *bottom* lapisan. Lokasi penelitian dipilih karena karakteristiknya diduga dapat menjelaskan proses endapan gravitasi yang terjadi pada Formasi Semilir.

Tujuan penelitian ini adalah untuk merekonstruksi mekanisme sedimentasi, fasies, lingkungan pengendapan, dan transportasi endapan massa (MTD), menentukan litologi dan material asal berdasarkan observasi lapangan dan analisis detail stratigrafi, yang diinterpretasikan dengan model dari peneliti sebelumnya.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### Geologi Regional

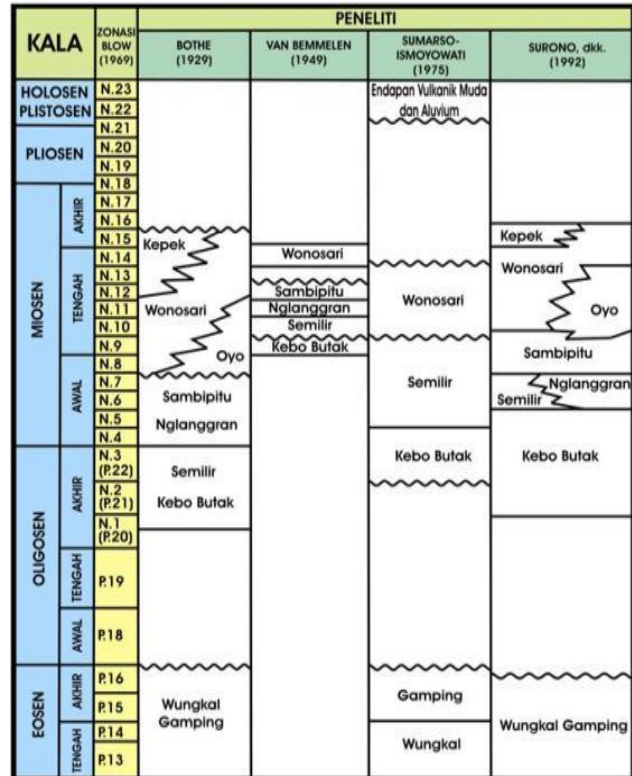
Pegunungan selatan bertempat di bagian selatan Pulau Jawa yang memanjang dari timur-barat. Bagian utara dibatasi Zona Solo dan bagian selatan oleh Samudera Hindia.



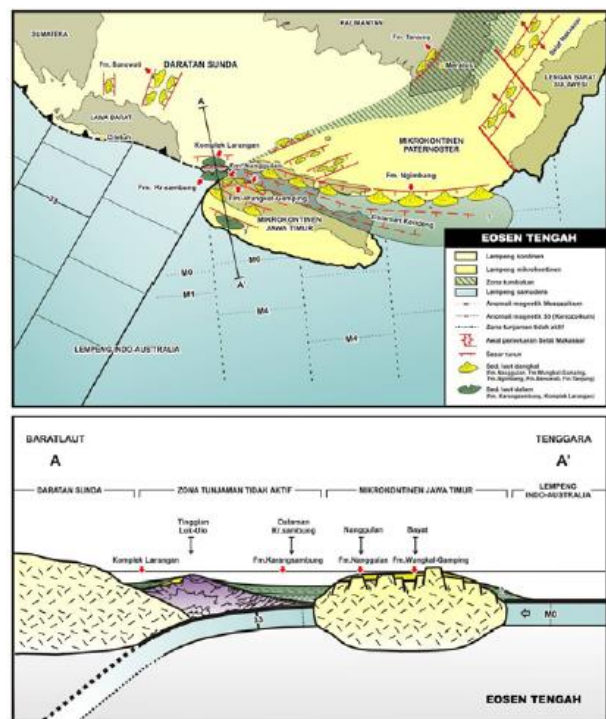
Gambar-1. Letak Zona Pegunungan Selatan Pada Fisiografi Jawa Tengah – Timur

Pegunungan Selatan dibagi menjadi 3 periode pembentukan litologi penyusun. Pertama, pra-vulkanisme Eosen (Formasi Wungkal-Gamping). Kedua, vulkanisme Oligosen Akhir – Miosen Awal

(Formasi Kebo Butak, Formasi Semilir, dan Formasi Nglanggran). Ketiga, sedimen karbonat Miosen Awal - Pliosen (Formasi Sambipitu dan Formasi Oyo-Wonosari) [1].



Gambar-2. Tatanan Stratigrafi Pegunungan Selatan Menurut Beberapa Ahli



Gambar-3. Tektonik Lempeng Jawa Bagian Selatan [4]

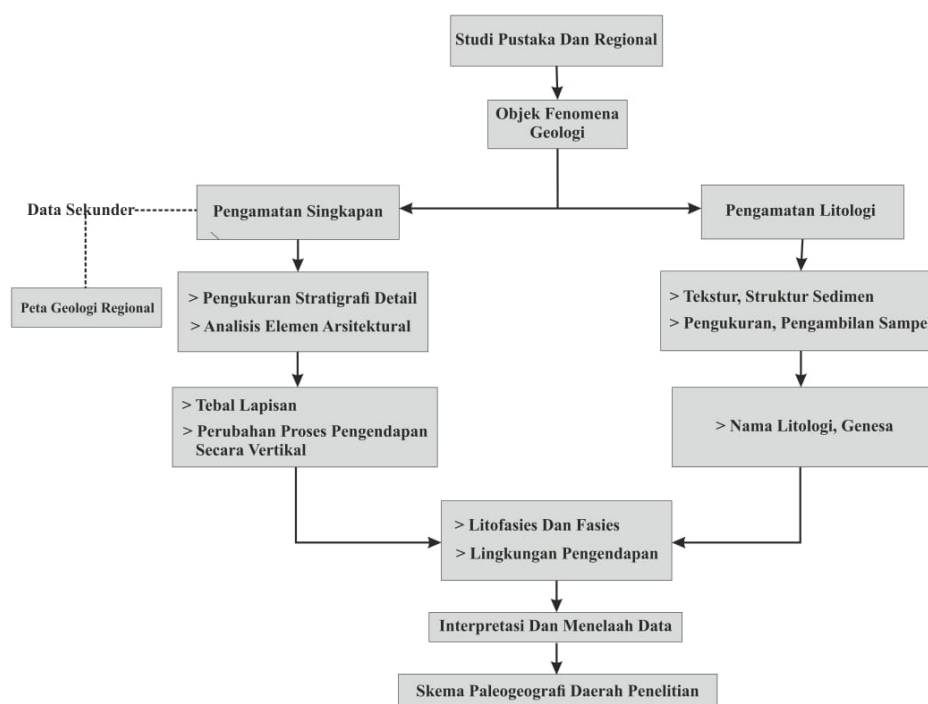
Formasi Semilir terbentuk pada periode vulkanisme Oligosen Akhir – Miosen Awal yang tercerminkan melalui perubahan endapan batuan dari bersifat klastika kemudian semakin didominasi oleh material asal vulkanik. Perubahan yang terjadi dikarenakan aktivitas pembentukan gunung baru yang dikenal sebagai Gunung Nglangeran [1].

### III. METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam studi ini adalah berdasarkan observasi singkapan pada 2 stopsite yang saling berdekatan. Pada observasi singkapan tiap stopsite dilakukan *measuring section* yang memiliki

total panjang lintasan lebih dari 300 m. Dilakukan deskripsi batuan sedimen yang meliputi tekstur batuan, struktur sedimen, komposisi batuan, ketebalan lapisan, geometri lapisan, dan kontak antar lapisan. Pembagian litofasies didasarkan deskripsi sepanjang lintasan pengukuran yang akan dikelompokkan berdasarkan karakteristik tertentu tiap litofasies.

Metode yang dilakukan akan bertujuan untuk mengetahui arsitektural, karakteristik, dan bagaimana mekanisme proses MTD pada salah satu bagian Formasi Semilir untuk selanjutnya diinterpretasi perkembangan dan perubahan proses sedimentasinya.



Gambar-4. Alur metode penelitian

Berdasarkan pada Gambar 4 tersebut ....

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dengan metode yang telah ditentukan sebelumnya, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

#### 1) Litologi

Pada stopsite 1 ditemukan batupasir tuffan, breksi tuffan, tuff karbonatan, batulanau dan batulempung. Terdapat juga fragmen batubara diantara batupasir tuffan. Ditemukan juga endapan *Debris Flow* pada bottom lapisan. Struktur yang berkembang berupa *slump*, *convolute*, *load cast*, *ball and pillow*, *graded bedding*, dan laminasi (Gambar-6).

Pada Stopsite 2 didapatkan perulangan batupasir tuffan dan perselingan batulanau-batulempung, serta breksi tuff. Struktur yang berkembang berupa *convolute*, *graded bedding*, *massif*, *perlapisan* dan *laminasi* (Gambar-6).

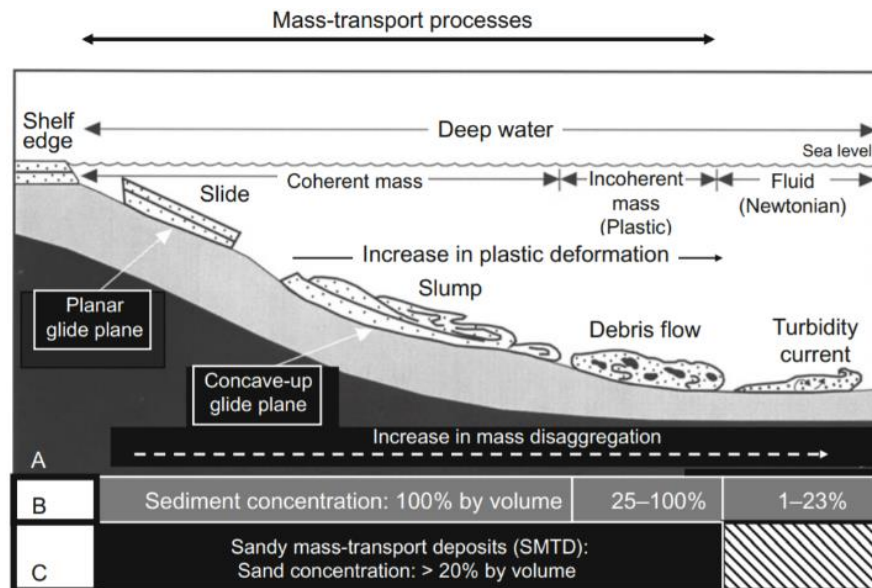
Dari pengukuran stratigrafi detail dan observasi lapangan kedua stopsite, didapatkan sebuah penampang stratigrafi terukur dalam hal inisingkapan stopsite 1 berumur lebih tua daripada stopsite 2. Hal ini didasarkan pada kedudukan lapisan yang memiliki arah relatif selatan. Stopsite 2 sendiri berada di sebelah selatan Stopsite 1.

Berdasarkan pada hasil yang diperoleh dari pengamatan lapangan dan stratigrafi detil singkapan pada daerah penelitian, maka dapat dilakukan interpretasi dan analisis sebagai berikut:

1) *Fasies Dan Lingkungan Pengendapan Stopsite 1*

Pada stopsite 1 dapat dibagi menjadi 6 litofasies utama berdasarkan litologi dan struktur sedimennya yang secara berurutan dari lapisan paling bawah diawali dengan endapan *debris flow*, kemudian

diatasnya diendapkan batupasir *slump*, lalu terdapat breksi dengan struktur *Load cast* dan *ball and pillow*. Selanjutnya, terdapat batupasir kerikilan berstruktur *graded bedding*. Pada lapisan selanjutnya terdapat batupasir massif dan yang terakhir merupakan perselingan antara batupasir tuffan dengan batulanau dengan struktur laminasi (Gambar-6).



**Gambar-5** Diagram skematik yang menunjukkan empat jenis proses pengaruh gravitasi yang membawa sedimen ke perairan dalam [8].

Didasarkan pada model fasies dan lingkungan pengendapan laut dalam, pada stopsite 1 dapat diinterpretasikan mulai dari lapisan terbawah, yaitu endapan *debris flow* masuk kedalam fasies DF (*Debris Flow*). Kemudian batupasir *slump* masuk kedalam fasies SL (*Slump*) [5]. Selanjutnya terdapat breksi, dimana batas antara breksi dengan batupasir dibawahnya terbentuk struktur *load cast* dan *ball and pillow* akibat adanya proses pembebanan dari lapisan breksi terhadap lapisan batupasir yang lebih halus yang termasuk kedalam fasies CGL (*Conglomerates*). Lalu diatas breksi diendapkan batupasir kerikilan dengan struktur sedimen *graded bedding*, yang termasuk kedalam fasies PS (*Pebbly Sandstone*). Dilanjutkan pada lapisan diatasnya yaitu batupasir dengan struktur sedimen massif yang termasuk fasies MS (*Massive Sandstone*), dan terakhir merupakan perselingan antara batupasir tuffan dengan batulanau yang termasuk fasies CT (*Classical Turbidites*). Tiap fasies tersebut mencirikan tempat saatdiendapkan yang digambarkan dalam bentuk model kipas bawah laut yang terbagi menjadi beberapa bagian [5].

Fasies SL, DF dan CGL diinterpretasikan terbentuk pada bagian *Upper Fan* (bagian atas dari kipas bawah laut). Kemudian fasies PS dan MS dapat diinterpretasikan terbentuk pada bagian *Channelled Portion of Suprafan Lobes*. Untuk fasies CT yang terendapkan paling atas pada singkapan stopsite 1 diinterpretasikan terendapkan pada *Smooth Portion of Suprafan Lobes* hingga *Lower Fan*. Untuk lebih jelasnya mengenai pembagian fasies serta lingkungan pengendapan pada stopsite 1, dapat dilihat pada Gambar-9 [5].

Kemudian pada stopsite 1 juga ditemukan adanya fragmen batubara diantara batupasir. Hal ini menandakan bahwa batubara tersebut dapat terbawa hingga ke lingkungan laut dalam akibat adanya aliran *hyperpycnal*, yang membawa material sedimen ke ekstrabasinal, yang dalam hal ini, batubara dari lingkungan transisi dapat terbawa hingga ke lingkungan laut dalam [5].

Aliran ini dapat membawa material sedimen hingga masuk ke laut dalam karena fluida pembawa sedimen dari lingkungan transisi memiliki densitas

lebih besar dari densitas air laut, sehingga fluida mampu menerobos masuk hingga laut dalam yang digambarkan pada Gambar-10 [6].

Berdasarkan konsep Zavala, secara genetik endapan arus *hyperpycnal* dapat dibagi menjadi 3 fasies utama, yaitu fasies *Bedload* (B), fasies *Suspended Load* (S) dan fasies *Lofting* (L) [7]

Pada stopsite 1, mengacu pada model fasies turbidit *hyperpycnal flow* secara genetik, maka secara berurutan dari bawah ke atas daerah ini terbagi menjadi 4 fasies utama yaitu fasies B1, B3, S1 dan S2L. Fasies B1 merupakan fasies dengan endapan berupa konglomerat massif yang didukung dengan matriks. Fasies B3 merupakan fasies dengan hasil endapan berupa *pebbly sandstone* yang bercampur dengan struktur laminasi. Fasies S1 merupakan fasies dengan endapan batupasir massif yang berasosiasi dengan butiran lempung, dan fasies S2L merupakan fasies dengan endapan batupasir dan batulanau dengan struktur laminasi. Dilihat dari perubahan fasies genetik ini, semakin ke atas maka material yang diendapkan semakin halus, kecepatan aliran semakin tinggi, dengan viskositas dari tinggi ke rendah dan dari Fasies *Bedload* ke Fasies *Lofting*. Adapun pembagian fasies turbidit *hyperpycnal flow* pada stopsite 1 ini dapat diperjelas dengan model pada Gambar-11 [7].

Berdasarkan konsep proses sedimentasi gravitasi pada perairan dalam, secara proses sedimentasi pada stopsite 1 dapat dibagi menjadi 4 tipe proses pengendapan, yaitu *slide*, *slump*, *debris flow*, dan *turbidity current* [8]. Proses pengendapan *slide*, *slump*, dan *debris flow* dapat dikelompokkan kedalam endapan massa transpor atau *Mass Transport Deposit* (MTD). Berdasarkan pengamatan pada singkapan stopsite 1 dapat di klasifikasian menjadi tiga tipe endapan massa transpor (MTD) yang didasarkan proses sedimentasi dan transformasi aliran sedimen. Pembagian proses pengendapan ini diperjelas dengan model dan klasifikasi pada Gambar-5 dan Tabel 1 [8]. MTD Tipe 1 dicirikan dengan hadirnya blok atau puing yang mengambang secara acak dengan ukuran serta bentuk yang beragam di dalam matriks batupasir tufan halus terpilah buruk (gambar 8). Blok berukuran besar pada endapan ini tersusun oleh perselingan batulanau-batulempung, sedangkan blok berukuran kecil terdiri dari batulempung berwarna coklat tua. Berdasarkan karakteristik MTD tipe 1 dapat dimasukkan kedalam mekanisme pengendapan massa transport secara *debris flow*. Pergerakan *debris flow* selama proses sedimentasi menyebabkan erosi pada dasarnya.

Tabel-1. Klasifikasi proses sedimentasi gravitas pada perairan dalam [8]

Major Type	Nature of moving material	Nature of movement	Sediment concentration (volume %)	Fluid rheology and flow state	Depositional process
Mass transport (also known as mass movement, mass wasting, or landslide)	Coherent mass without internal deformation	Translational motion between stable ground and moving mass	Not applicable	Not applicable	Slide
	Coherent mass with internal deformation	Rotational motion between stable ground and moving mass			Slump
Sediment flow (in cases, mass transport)	Incoherent body (sediment-water slurry)	Movement of sediment-water slurry	High 20-95%	Plastic rheology and laminar state	Debris flow (mass flow)
Sediment flow	Incoherent body (water supported)	Movement of individual particles	Low 1-23%	Newtonian rheology and turbulent state	Turbidity current

particles in      within the  
suspension)      flow

---

MTD tipe 2a (gambar 8) endapan ini didominasi batupasir tufan yang memperlihatkan hasil proses pengendapan dalam kondisi plastis yang ditunjukkan dengan kehadiran struktur sedimen berupa *slump*. Kehadiran struktur sedimen berupa slump dan blok lapisan batupasir karbonatan menunjukkan terjadinya deformasi pada lapisan ini selama proses pengendapan. Berdasarkan karakteristik tersebut, MTD tipe 2a dapat dimasukkan kedalam mekanisme pengendapan massa transpor secara *slump* yang dipengaruhi *slide*.

MTD Tipe 2b dicirikan dengan hadirnya Blok planar lapisan batupasir karbonatan yang mengambang dalam matriks batupasir sedang hingga breksi kerakal dengan struktur sedimen berupa *graded bedding* (gambar 8). MTD tipe 2b memiliki karakteristik yang berbeda dengan MTD tipe 2a, yang mana blok lapisan batupasir karbonatan pada endapan ini tidak mengalami deformasi. Berdasarkan karakteristik dari MTD tipe 2b dapat dimasukkan kedalam mekanisme pengendapan massa transpor secara *slide*.

Pembentukan MTD terbentuk oleh 2 fase mekanisme longsor bawah laut. Fase pertama menghasilkan MTD tipe 1, 2a, dan 2b yang kemudian terendapkan lagi fase berikutnya. Fase kedua menghasilkan MTD tipe 1 yang menumpang pada bagian atas secara stratigrafi dari fase pertama yang telah terbentuk sebelumnya, pembentukan fase ini dicirikan dengan adanya batas erosi antara MTD tipe 1 dari fase kedua dengan MTD tipe 2b dari fase pertama yang terbentuk akibat mekanisme debris flow yang bersifat menggerus (Sugiarto, 2018). Setelah kedua fase dari MTD ini terendapkan dilanjutkan dengan proses pengendapan berupa *turbidity current* yang menumpang di atas endapan MTD yang dibatasi bidang erosi hasil dari proses saat pengendapan turbidit berlangsung.

Endapan transportasi massa (MTD) pada daerah penelitian stopsite 1 berasosiasi dengan endapan turbidit dibagian atas secara stratigrafi. Endapan turbidit tersebut diinterpretasi berasal dari saluran (*channel*) atau lembah (*canyon*) yang terbentuk akibat longsoran lereng bawah laut yang membentuk endapan MTD sebelumnya [9].

Proses transformasi aliran pertama membentuk MTD tipe 1 yang didominasi oleh mekanisme pergerakan massa secara *incoherent*, yang mementuk endapan berupa *debris flow*. *Debris flow* memiliki

massa sedimen besar dengan mekanisme sedimentasi cepat tanpa mengalami pemilahan [10]. Proses selanjutnya ialah transformasi menjadi MTD tipe 2 dengan mekanisme pergerakan massa secara koheren yang disebabkan proses pengendapan secara *slide* dan *slump* [8]. MTD tipe 2a didominasi proses pengendapan secara *slump* yang merupakan massa koheren sedimen yang bergerak pada bidang cekung dan mengalami pergerakan rotasi yang menyebabkan deformasi internal. MTD tipe 2b merupakan hasil dari proses pengendapan secara *slide* yang merupakan massa sedimen koheren yang bergerak di sepanjang bidang luncur planar dan tidak menunjukkan deformasi internal yang signifikan dan merepresentasikan pergerakan permukaan geser secara translasi [8]. Untuk lebih jelasnya mengenai rekonstruksi urutan skema paleogeografi daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar-14.

## 2) Fasies Dan Lingkungan Pengendapan Stopsite 2

Berdasarkan litologi dan struktur sedimen yang terdapat pada stopsite 2, didapatkan 6 litofasies, yaitu perselingan batupasir dengan batulempung, batupasir perlapisan, perselingan batupasir tufan dengan batulanau, batupasir masif, batulanau laminasi, dan batupasir konvolut. Di stopsite 2 ini, litologi yang terbentuk didominasi oleh perlapisan batupasir tuffan, batulanau dan batulempung laminasi yang secara berangsur mengalami perulangan [11]

Berdasarkan model fasies dan lingkungan pengendapan laut dalam [5], maka pada stopsite 2 didominasi oleh fasies CT (*Classical Turbidites*) dan MS (*Massive Sandstone*), dimana litologi dan struktur yang terbentuk mencerminkan endapan yang dihasilkan pada fasies CT dan MS. Fasies CT diwakili oleh perselingan batupasir dengan batulempung, batupasir perlapisan, perselingan batupasir tufan dengan batulanau, batulanau laminasi, dan batupasir konvolut. Sedangkan untuk Fasies MS diwakili oleh batupasir massif [12].

Dari fasies yang terbentuk di stopsite 2, yaitu fasies CT dan MS, maka dapat diinterpretasikan bahwa endapan vulkaniklastik yang terdapat pada stopsite 2 ini terbentuk pada bagian *Smooth To Channeled hingga Lower Fan* menurut model fasies. Untuk lebih jelasnya mengenai pembagian fasies dan lingkungan berdasarkan model kipas bawah, dapat dilihat pada Gambar-13 [6]

## V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Penelitian yang dilakukan pada Formasi Semilir, tepatnya di 2 singkapan dan 2 lokasi yang berbeda dengan menggunakan metode observasi lapangan dan pengukuran stratigrafi detil maka dapat disimpulkan lingkungan pada daerah penelitian berupa pengendapan laut dalam pada *Upper Fan-Channelled Portion of Suprafan Lobes-Smooth Portion of Suprafan Lobes*, sedangkan pada stopsite 2 pada pengendapan *Smooth to Channelled* hingga *Lower Fan* [5]. Lapisan sedimen pada stopsite 1 lebih tua daripada stopsite 2 berdasarkan arah kemiringan lapisan sedimen, apabila kedua stopsite tersebut dikorelasikan menurut fasies, maka menandakan semakin berkurangnya viskositas dan suplai material yang makin halus akibat dari menurunnya aktifitas vulkanisme Gunung Api Semilir. Secara keseluruhan, stopsite 1 dan stopsite 2 merupakan endapan vulkaniklastik hasil aktivitas gunung api Semilir, yang terendapkan di lingkungan laut dalam melalui mekanisme aliran turbidit *hyperpycnal flow* [7], hingga membentuk kipas bawah laut [6].

### B. Saran

Melengkapi penelitian menggunakan data analisis petrografi dan geokimia batuan akan lebih mendukung untuk mengetahui proses setelah sedimentasi yang terjadi pada endapan gravitasi lokasi penelitian.

## UCAPAN TERIMA KASIH

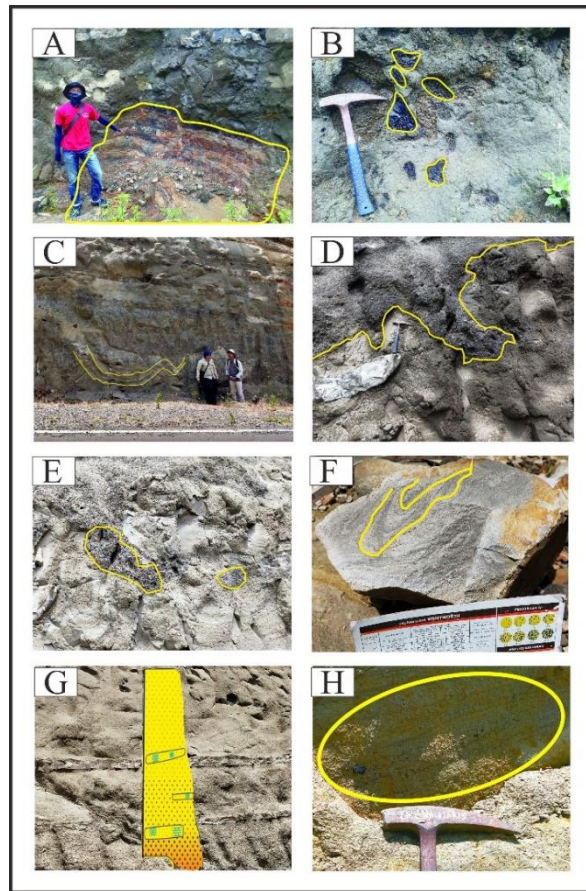
Kami ingin mengucapkan terima kasih kepada Agam Maulana (UPN) yang sudah membantu dalam pengambilan data lapangan serta keluarga Sedimentologi Brotherhood UPN yang telah memberi dukungan langsung maupun tidak langsung. Terima kasih juga kepada komite PETA BUMI 2020 yang sudah memberikan izin penelitian ini untuk diterbitkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Surono, 2009, Lithostratigrafi Pegunungan Selatan Bagian Timur Daerah Istimewa Yogyakarta Dan Jawa Tengah, JSDG Vol. 19 No. 3, p. 209-221
- [2] Boggs, S.Jr., 2014, *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*, Pearson Education Inc., Edinburgh Gate, England
- [3] Rizkianto, Y. dan Fintaru, V., 2020, Studi Petrografi Provenan Batupasir Vulkanik Formasi Semilir,

Yogyakarta, Dalam Penentuan Susunan Tektonik: Jurnal Ilmiah Geologi Pangea Vol. 7 No. 1, p. 27-32

- [4] Sujanto, F.X., dan Roskamil, 1975, *The Geology and Hydrocarbon Aspects Of The South Central Java*, Indonesia Association of Geologist (IAGI), Bandung.
- [5] Walker, R.G. and James, N.P., 1992, *Facies Models*, Geological Association of Canada, Canada
- [6] Zavala, C. dan Shuxin, P., 2018, *Hyperpycnal Flows and Hyperpycnites: Origin and Distinctive Characteristics*, Lithologic Reservoir Vol. 30, pp 1-27.
- [7] Zavala, C. et all., 2011, *A Genetic facies tract for the analysis of sustained Hyperpycnal flow deposits*, Vol. 61, p. 31-35.
- [8] Schanmugam, G., 2012, *New Perspective of Deep-Water Sandstone*, Amsterdam: Elsevier
- [9] Kneller, B., Dykstra, M., Fairweather, L., and Milana, J.P., 2016, *Mass-Transport and Slope Accommodation: Implications for Turbidite Sandstone Reservoirs*, American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 100, no. 2, pp. 213-235.
- [10] Sugiarto, S., Agastya, I.B.O., Jane, M.O., Ramadhan, T., Muslih, Y.B., 2018, *Architectural Elements of Volcaniclastic Mass Transport Deposit of Banyak Member, Western Kendeng, East Java., Proceedings of the IPA 42<sup>nd</sup> Annual Convention*
- [11] Moscardelli, L. and Wood, L., 2015, *Morphometry of Mass-Transport Deposits as A Predictive Tool*, Geological Society of America Bulletin
- [12] Moscardelli, L., Wood, L., and Mann, P., 2015, *Mass-Transport Complexes and Associated Processes in The Offshore Area of Trinidad and Venezuela*, American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 90, no. 7, pp. 1059-1088.

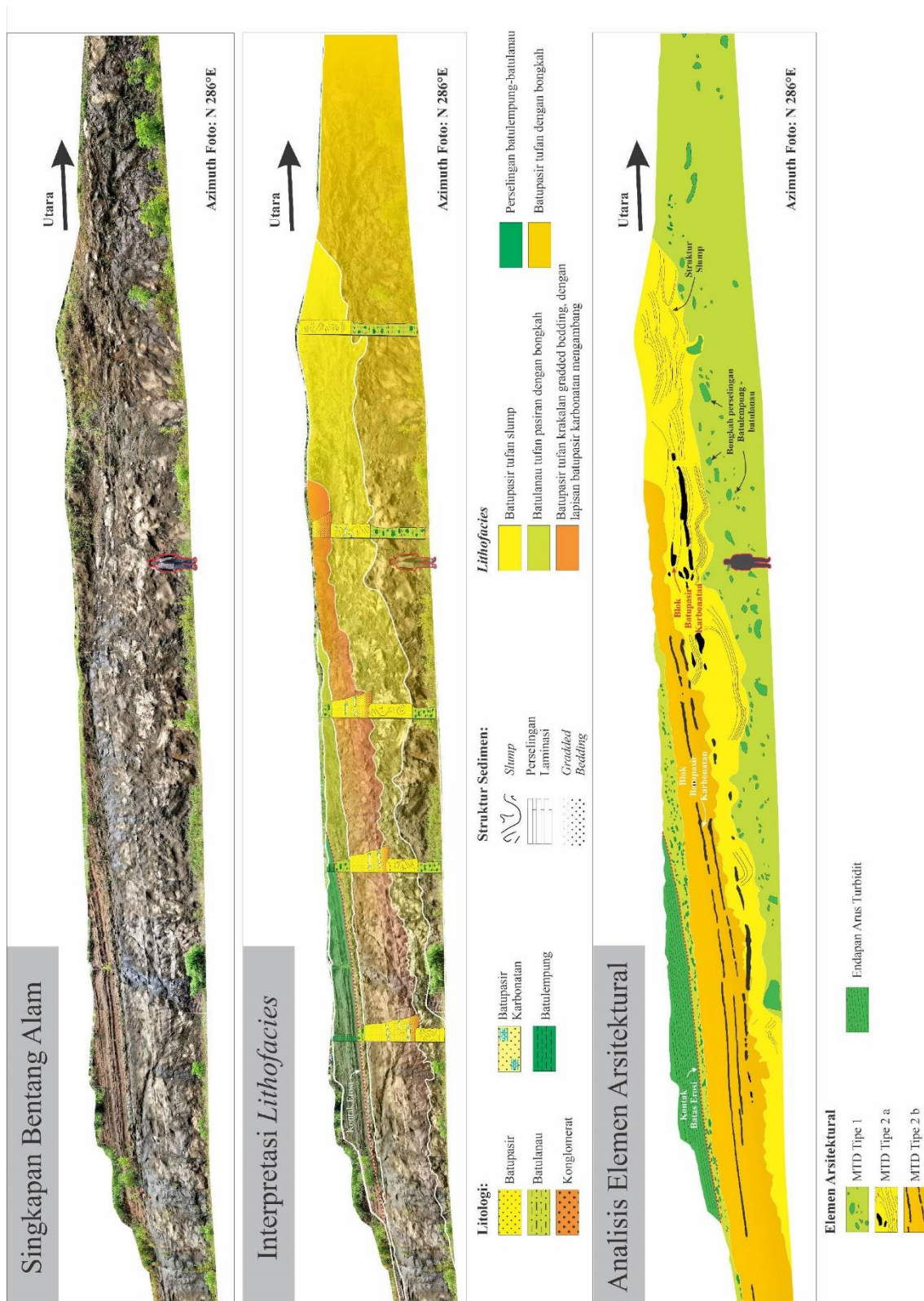


**Gambar-6.** Beberapa kenampakan dan struktur sedimen pada singkapan Stopsite 1 dengan (A) dan (B) block dan fragmen dari endapan Debris Flow, (C) Slump, (D) Load Cast, (E) Ball and Pillow, (F) Convolute, (G) Graded Bedding, dan (H) Fragmen Batubara.

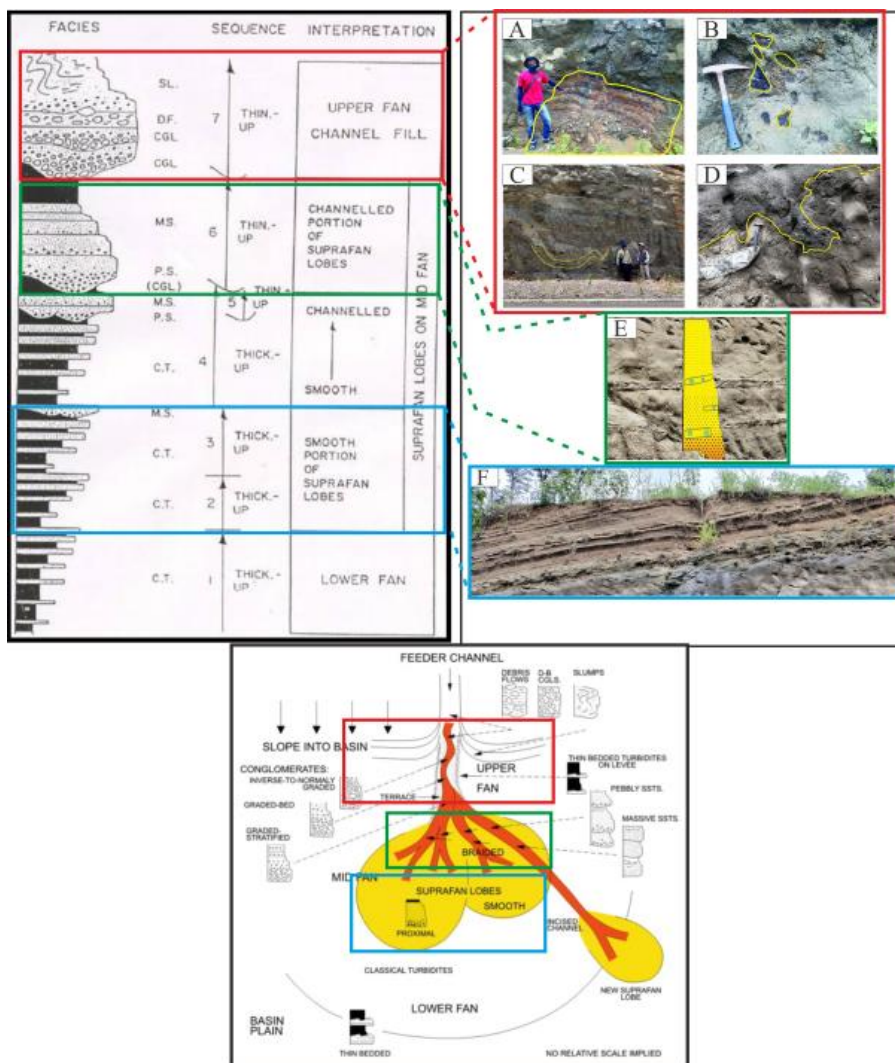


**Gambar-7.** Kenampakan singkapan batuan pada Stopsite 2, dimana didominasi oleh perselingan batupasir tuffan, batulanau dan batulempung.

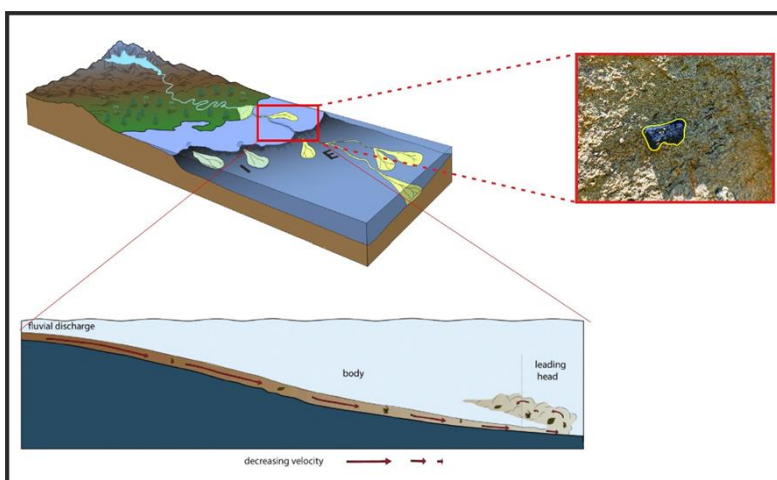




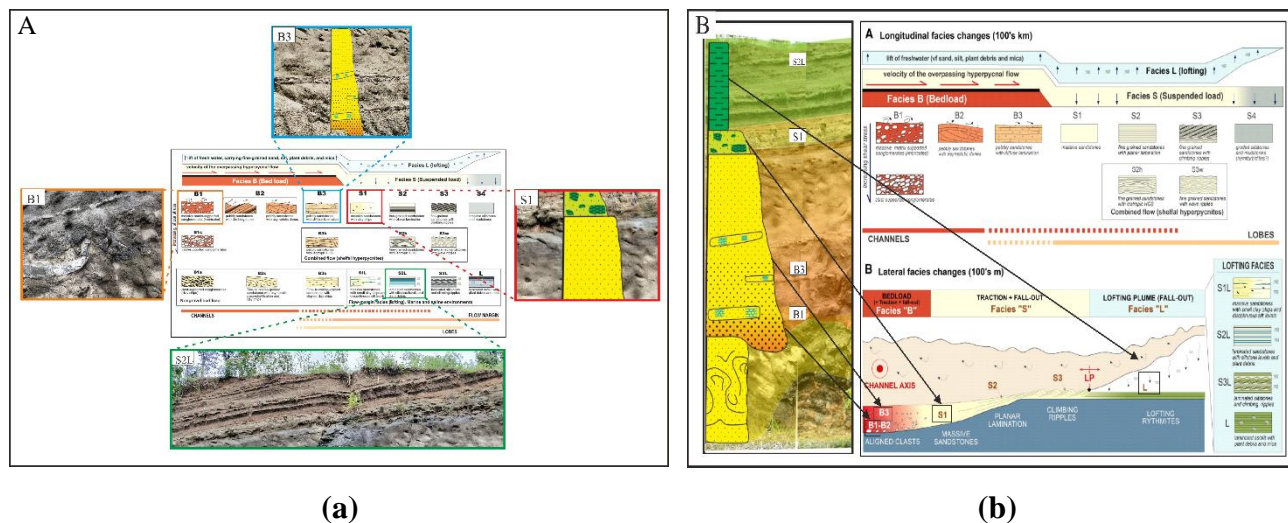
Gambar-8. Gambar Interpretasi Lithofacies dan Analisis Elemen Arsitektural Pada Singkapan Bentang Alam Stopsite 1



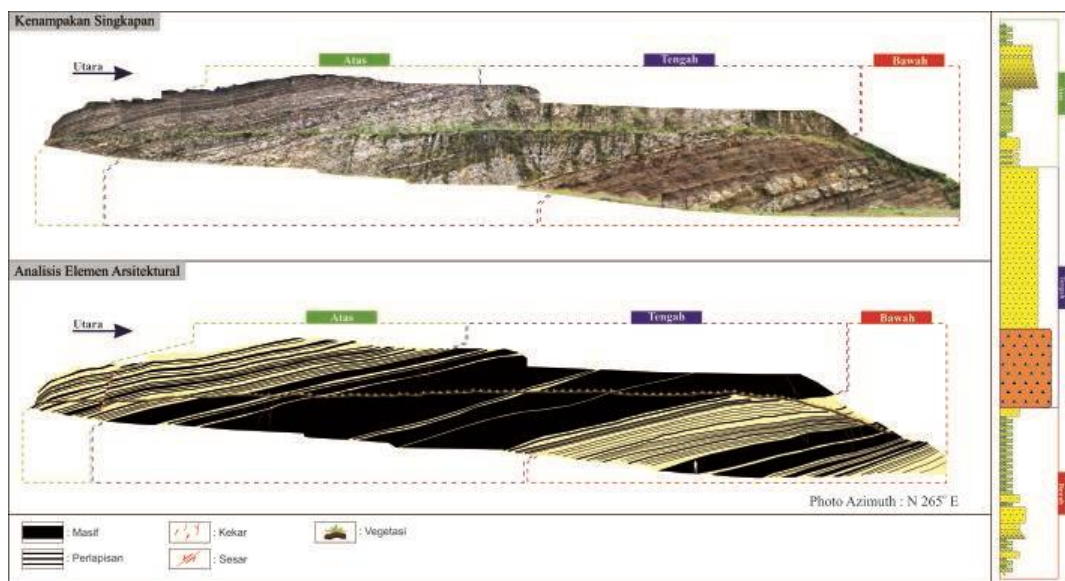
**Gambar-9.** Pembagian Fasies dan Lingkungan Pengendapan Pyang didasarkan pada Model Kipas Bawah Laut Menurut Walker (1984), dengan (A) dan (B) Block Endapan *Debris Flow*, (C) Slump, (D) Load Cast, (E) Graded Bedding dan (F) Perulangan Batupasir Tuffan dan Lanau Dengan Struktur Laminasi.



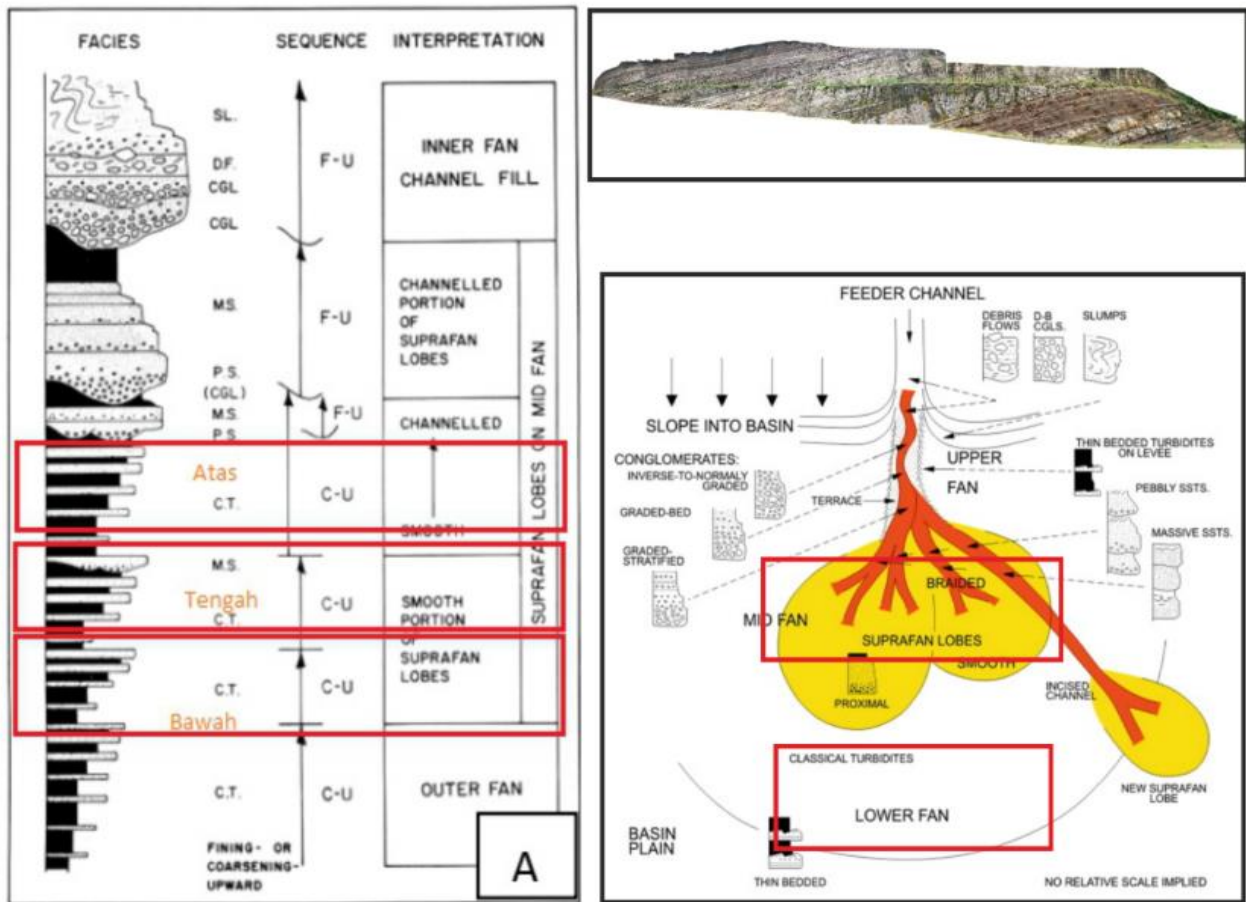
**Gambar-10.** Mekanisme Arus Turbidit yang membawa fragmen batubara menuju ekstrabasinal menurut Zavala (2012)



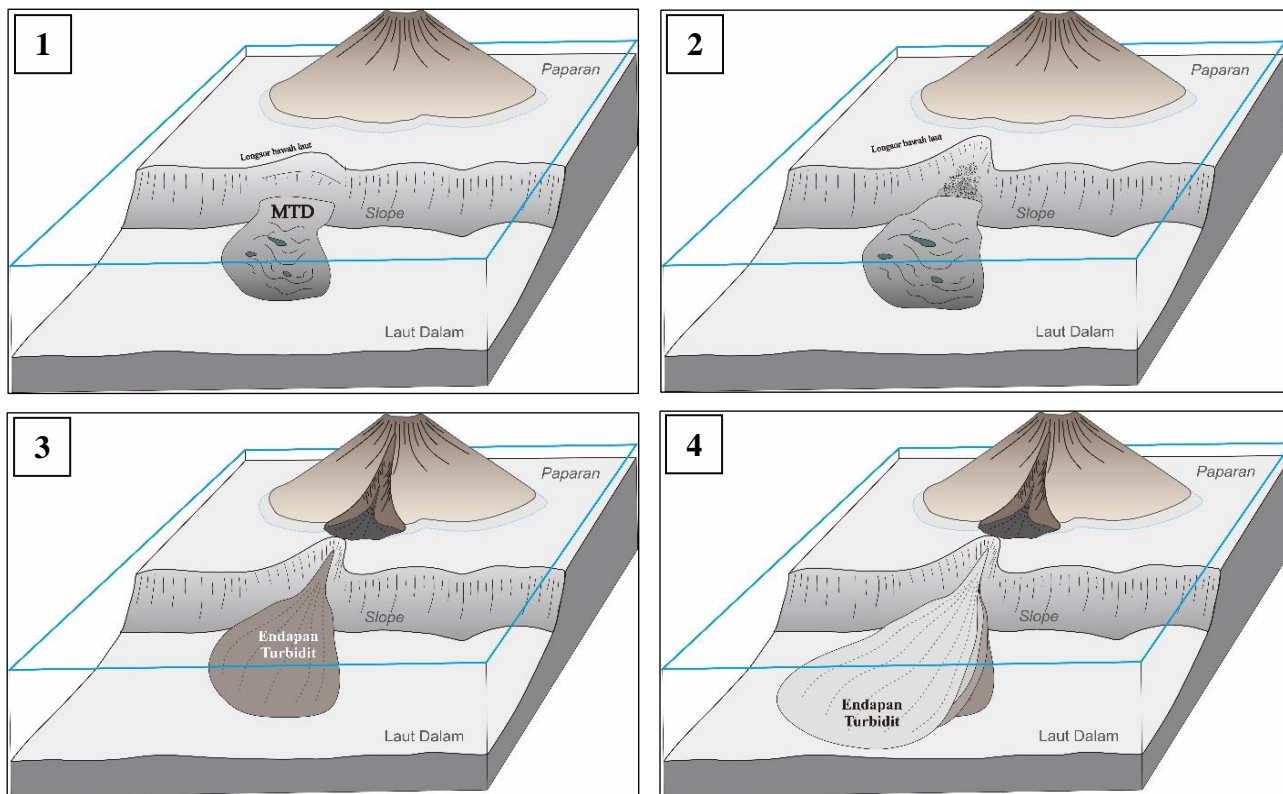
**Gambar-11.** (a) Penentuan fasies turbidit dari data litologi dan struktur sedimen yang ditemukan pada singkapan stopsite 1, mengacu pada model fasies turbidit *hyperpycnal flow* menurut Zavala (2012). (b) Pembagian fasies turbidit *hyperpycnal flow* pada stopsite 1 yang dihubungkan dengan model perubahan fasies secara lateral menurut Zavala (2012).



**Gambar-12.** Penampang Stratigrافي dan Analisis Elemen Arsitektural Pada Singkapan Stopsite 2



Gambar-13. Pembagian Fasies dan Lingkungan Pengendapan Pada Stopsite 2 yang didasarkan pada Model Kipas Bawah Laut [5]



**Gambar-14.** Urutan skema paleogeografi: (1) Sedimentasi endapan MTD akibat longsor bawah laut dengan sudah adanya pengaruh material vulkaniklastik dari permulaan fase vulkanik aktif yang terepresentasikan di stopsite 1. (2) Longsor sedimentasi endapan MTD semakin intensif sehingga semakin mengerosi bagian slope yang akan membentuk dinding tebing/canyon. (3) Terbentuknya saluran sempit dari perkembangan canyon hasil erosi akibat longsor sedimentasi MTD yang kemudian menjadi jalur endapan turbidit yang mengerosi permukaan MTD sebelumnya dan mengendap di atasnya. (4) Endapan turbidit semakin berkembang dan semakin tebal dan dengan pengaruh material vulkaniklastik yang semakin intensif pada stopsi