

## **DINAMIKA LINGKUNGAN PENGENDAPAN DELTA KALIGARANG, SEMARANG**

### ***DEPOSITIONAL PROCESS DYNAMIC IN KALIGARANG DELTA, SEMARANG***

**Karina Melias Astriandhita<sup>1</sup>, Winantris<sup>1</sup>, Budi Muljana<sup>1</sup>, Purna Sulastya Putra<sup>2</sup>, Praptisih<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Universitas Padjadjaran

<sup>2</sup> Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI

**ABSTRAK** Delta Kaligarang terletak di Utara Pesisir Semarang. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui dinamika lingkungan pengendapan yang terjadi di Delta Kaligarang, Semarang melalui analisis ukuran butir, material organik dan inorganik dari sembilan puluh contoh sampel. Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya dua lingkungan pengendapan berdasarkan karakteristik sedimentologi (besar butir dan organik) yakni lingkungan energi relatif rendah (*suspension load*) dan lingkungan berarus turbulen (*tidal*). Selain itu, juga terdapat kenaikan nilai material organik dan inorganik, yang disertai adanya perubahan besar butir. Terlihat bahwa lapisan pada kedalaman 0-31 meter mengalami kenaikan nilai organik, seiring dengan besar butir yang berukuran *silt*. Hal tersebut berbeda dengan lapisan pada kedalaman 32-45 meter, di mana terdapat perselingan satuan batuan *silt* dan *sand* dan nilai material organik turun.

**Kata kunci:** Delta Kaligarang, sedimen, ukuran butir, material organik dan inorganik.

**ABSTRACT** Kaligarang Delta is located in the North Semarang Coast. The objective of this research is to describe dynamic environmental changes in Kaligarang Delta based on grain size, organic and inorganic matters analyzes from ninety samples. The results indicated that two conditions occurred: low-energy-suspension-load environment and tidal (turbulent) environment. Furthermore, the increase of organic and inorganic matters coincides with the grain size distribution. At depth 0-31-meter, organic matter increased that coincident with silt grain size. At depth 32-45 meter the lithology shows interspersed of silt and sand.

**Keywords:** Kaligarang Delta, sediment, grain size, organic and inorganic content.

#### **PENDAHULUAN**

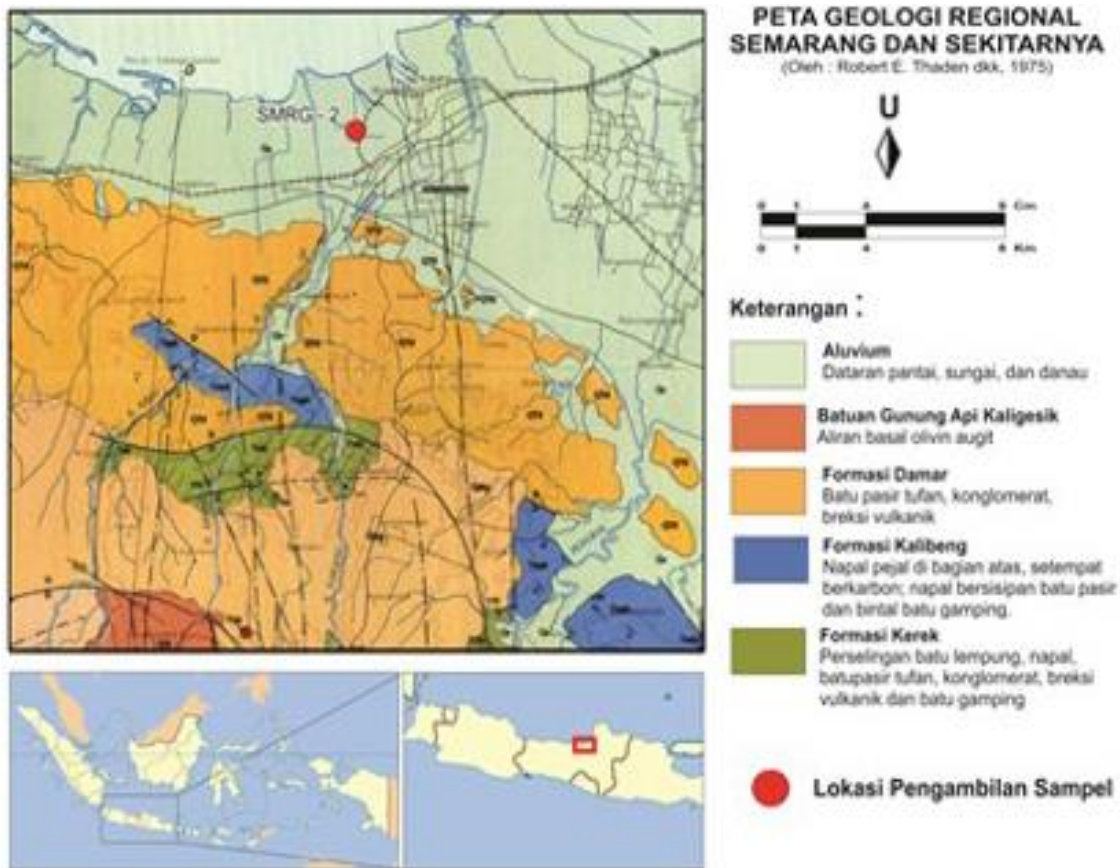
Lingkungan pengendapan merupakan lokasi/tempat mengendapnya material sedimen beserta kondisi fisik, kimia, dan biologi yang mencirikan terjadinya mekanisme pengendapan tertentu (Boggs, 2006). Penelitian mengenai delta telah banyak dilakukan, salah satunya adalah di Delta Mahakam (Lambert, 2003; Adisaputra *et al.*, 2003; Winantris, 2012; Jurnaliah *et al.*, 2015). Terkait pemilihan lokasi Delta Kaligarang, pertimbangannya adalah; belum adanya publikasi mengenai lingkungan pengendapan terkait hubungan data *grain size*, dan material organik. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai penelitian awal sedimentasi dan data rekam masa lampau dari Delta Kaligarang.

---

Naskah masuk : 31 Juli 2017  
Naskah direvisi : 5 September 2017  
Naskah diterima : 27 Oktober 2017

---

Karina Melias Astriandhita  
Universitas Padjadjaran  
Jl. Raya Bandung Sumedang KM.21, Hegarmanah,  
Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat 45363  
Email : astriandhita.karina@gmail.com



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel di bagian utara Delta Kaligarang, Semarang (modifikasi dari Thaden *et al.*, 1975; Astriandhita *et al.*, 2017).

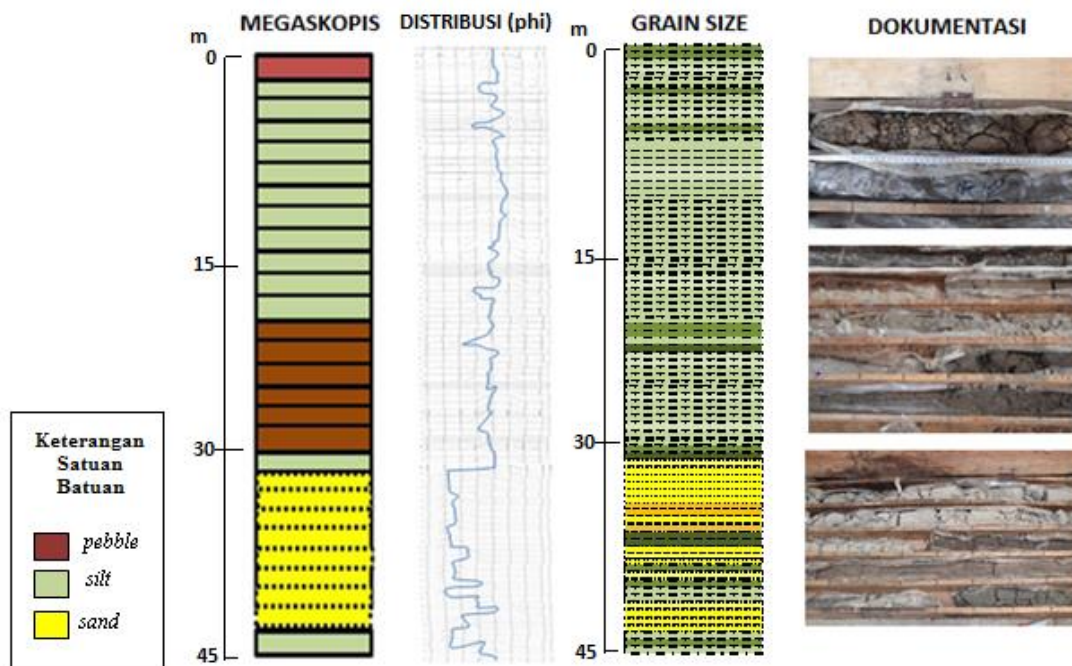
Penelitian terdahulu banyak dipublikasikan pada Semarang Utara; mengenai amblasan (Yulianti *et al.*, 2013; Soebowo *et al.*, 2014), abrasi dan akresi dilihat dari citra satelit temporal (Sardiyatmo *et al.*, 2013), karakteristik lempung di dasar perairan laut kota Semarang (Budiono dan Panggabean, 2008), hubungan mengenai pencemaran lingkungan dan besar butir di Banjir Kanal Barat Semarang (Maslukah, 2013), evaluasi lingkungan pesisir Semarang (Rositasari *et al.*, 2013), tektonik Kaligarang, Semarang (Poedjoprajitno *et al.*, 2008; Hidayat, 2013), intrusi air laut Semarang Utara (Bakti *et al.*, 2014), erosi / lahan kritis (Murdohardono *et al.*, 2002). Salah satu sungai besar yang mengalir ditengah tengah kota Semarang adalah Kaligarang. Kaligarang dengan luas DAS 220 km<sup>2</sup> dicirikan dengan debit aliran banjir yang besar dan datangnya cepat (*flash flood*) (Windarto *et al.*, 2008).

Penelitian mengenai perubahan lingkungan pengendapan Delta Kaligarang ini sangat penting untuk dilaksanakan karena proses geomorfologi

yang berasal dari darat dan laut akan menghasilkan ciri lingkungan pengendapan yang beragam. Perubahan lingkungan yang diakibatkan pengaruh daratan, lautan atau udara dapat langsung terekam dalam lapisan sedimen. Pengaruh daratan yang terekam berupa material asal darat (*terrigenous*) yang diangkut ke laut oleh sungai maupun limpasan hujan (Permanawati *et al.*, 2016). Lapisan sedimen inti dapat memberikan informasi kondisi lingkungan masa lalu (*paleoenvironment*). Analisis sedimentologi dari inti bor sedimen mampu menyediakan rekaman parameter perubahan lingkungan karena masuknya material dari daratan sampai skala ribuan tahun lampau (Praptisih dan Cahyarini, 2012). Oleh karena itu dengan mempelajari lingkungan pada daerah Delta Kaligarang akan menjadi sumbangan terhadap keilmuan geologi.

#### LOKASI PENELITIAN

Titik koordinat lokasi pengambilan sampel berada pada Gambar 1 (435216/ 9231018) bagian utara wilayah Semarang yang merupakan bagian delta



Gambar 2. Penampang bor Semarang pada kedalaman (meter).

Kaligarang. Berdasarkan peta geologi regional lembar Magelang Semarang (Thaden *et al.*, 1975) merupakan endapan alluvium (Qa) endapan aluvium pantai, sungai dan danau. Endapan pantai tersusun oleh lempung, lanau dan pasir dan campuran. Endapan sungai dan danau terdiri dari kerikil, kerakal, pasir dan lanau. Wilayah pesisir Kota Semarang merupakan paparan endapan Holosen yang dicirikan oleh endapan pasang surut, endapan sungai dan endapan pematang pantai, *swamp* dan aluvium yang terletak pada paparan dataran Kuartar (Thaden *et al.*, 1975). Tatanan fisiografi daerah Semarang dan sekitarnya merupakan daerah dataran alluvial yang berupa endapan sungai, endapan delta dan endapan pasang surut. Zona tersebut merupakan zona transisi dari Zona Rembang – Zona Kendeng. Geologi daerah paparan Semarang ini dicirikan oleh perulangan satuan lempung – lanau yang cukup dominan dengan sisipan pasir berukuran mulai halus hingga kasar (Soebowo *et al.*, 2014).

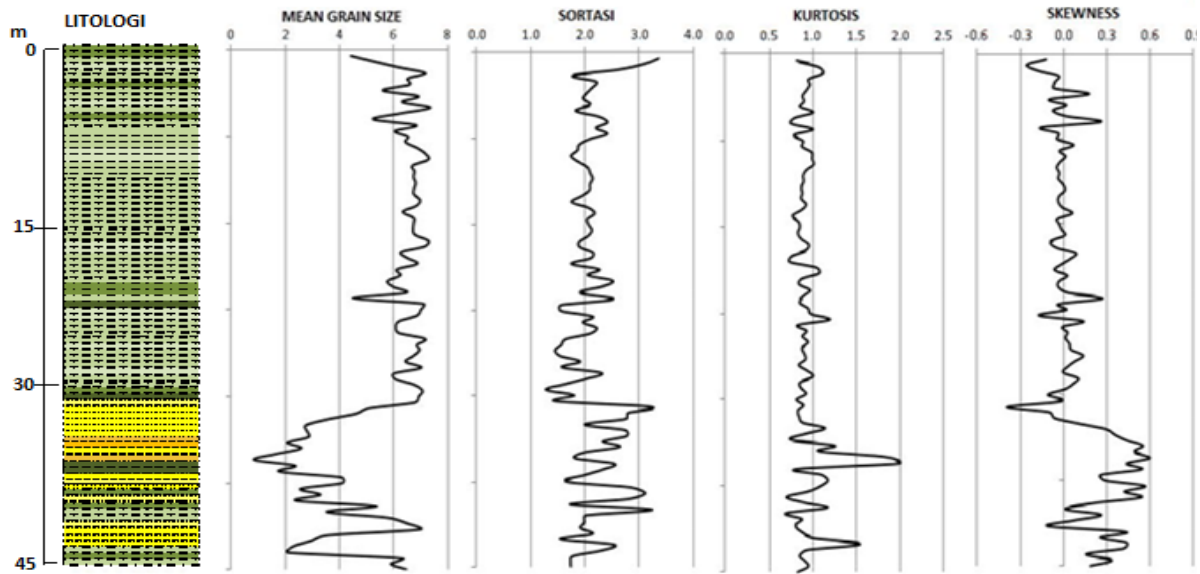
**METODE**

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode ilmiah (*scientific method*) disebut sebagai penelitian ilmiah, mengandung unsur penting, yakni unsur pengamatan (*observation*) dan unsur penalaran (*reasoning*) (Hirnawan, 2007). Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini ialah berupa sampel inti batuan yang diambil dari

daerah Delta Kaligarang, Semarang dari Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI Bandung. Peralatan yang digunakan ialah *Particle Analyzer Mastersizer 2000*, *Thermo Gravimetri Analysis*, gelas kimia, gelas ukur, saringan, dan oven. Pengambilan sampel yakni setiap titik interval 0,5 meter dengan kondisi yang sama dibedakan perlakuan; yakni data ukuran butir, material organik (*Loss on Ignition - Hilang dibakar*) Perhitungan LOI didasarkan pada pembakaran sampel sedimen dengan menggunakan *furnace* (Heiri, 2001). Dengan menggunakan *Thermo Gravimetri Analysis (TGA)* sampel yang dibutuhkan 1–2 gram setiap interval. Terdapat empat fase perhitungan berat oleh TGA; yakni 1. Berat awal sampel, 2. Berat sampel setelah 105<sup>0</sup> C, 3. Berat sampel setelah 550<sup>0</sup> C, 4. Berat sampel setelah 1050<sup>0</sup> C. Analisis ukuran butir menggunakan Gradistat (Blott and Pye, 2001).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dari kedalaman empat puluh lima meter pada titik pengeboran Semarang terbagi menjadi sembilan puluh titik sampel mewakili. Dilihat secara megaskopis dan besar butir perbedaan warna dan tekstur terlihat pada Gambar 2. Pentarikan umur absolut sedimen belum dilakukan pada sampel ini sehingga umur absolut dari sedimen yang dianalisis belum diketahui. Analisis ukuran butir sedimen merupakan salah



Gambar 3. Analisis besar butir (vertikal) dalam *mean grain size*, *sorting*, *kurtosis* dan *skewness*).

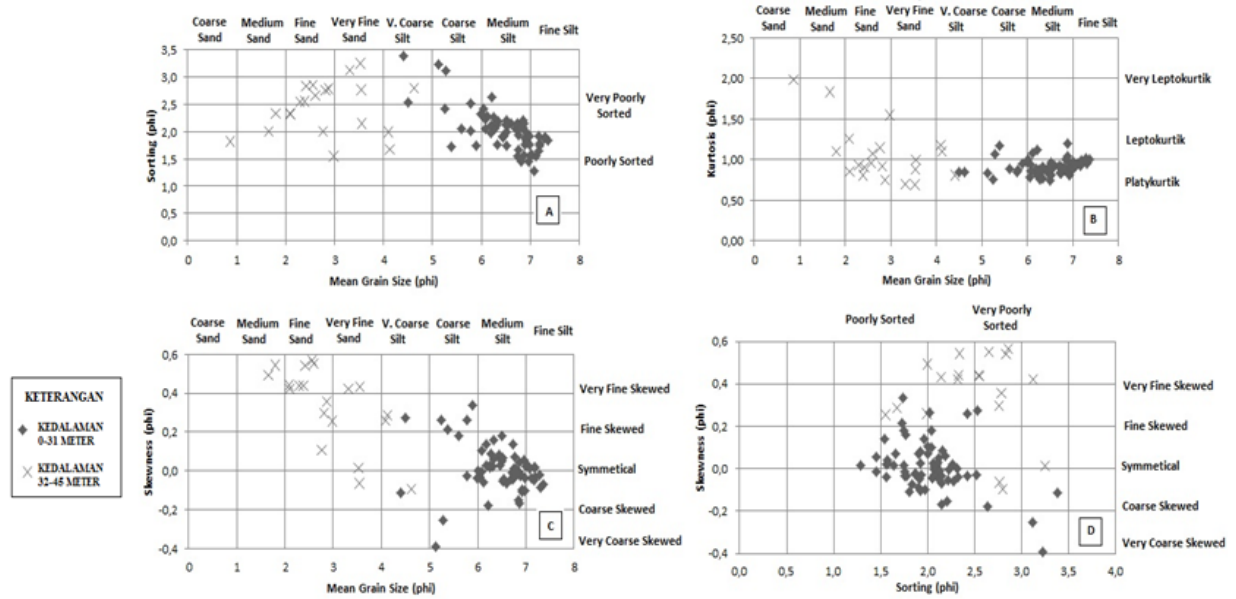
satu alat penting yang dapat digunakan untuk klasifikasi lingkungan pengendapan (Blott and Pye, 2001). Lapisan sedimen memiliki besar butir (*mean grain size*) berkisar dari lanau (*silt*) kasar hingga pasir (*sand*) halus seperti yang terlihat dalam bivariate plot antara pemilahan (*sorting*) dan besar butir (*mean grain size*) (Gambar 2 dan Gambar 3). Secara megaskopis, terjadi perubahan warna pada kedalaman 0-2 meter, dimana sampel batuan berwarna merah kecoklatan. Warna pada sampel dapat disebabkan oleh oksidasi besi.

Setelahnya, kedalaman 2-15 meter merupakan lempung berwarna abu terang. Warna tanah sendiri dapat dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, mineral, kandungan air, juga dapat mengandung silika yang berasal dari daratan melalui proses pelapukan bebatuan (Purnawan, dkk., 2016). Kedalaman 20-30 meter berupa lempung berwarna coklat gelap, kedalaman 32-43 meter berupa pasir berwarna abu terang. Perbedaan ketika telah dilakukan analisis besar butir terlihat pada grafik Gambar 2 dimana ukuran besar butir adalah *silt* (lanau) pada kedalaman 0-31 meter yang diselingi dengan pasir (*fine sand*) pada beberapa titik kedalaman.

Dalam mekanisme transportasi sedimentasi ideal akan terdapat subpopulasi menggelinding (*rolling*), terseret (*sliding*), merayap (*creep*) dan saltasi. Berbentuk fraksi halus (lempung sampai pasir sangat halus) dan berbentuk suspensi terangkut jauh dan mudah berpindah dalam suatu

aliran disebut pula *suspension load* dan akhirnya mengendap pada kecepatan arus yang rendah (Nugroho dan Basit, 2014). Hal ini terlihat bahwa sampel berukuran lanau (*silt*) pada kedalaman 0-30 meter memiliki kecepatan sedimentasi arus yang rendah. Berbeda pada sampel 31-45 meter, keadaan arus pada daerah berturbulensi tinggi, fraksi ukuran butir yang lebih besar akan lebih cepat mengendap dan tenggelam. Apabila arus tidak stabil maka terjadi pengendapan fraksi sedang sampai kasar (pasir) sehingga terjadi perselingan lanau dan pasir seperti pada lingkungan pengendapan *tidal* (Nugroho dan Basit, 2014) Dilihat dari sampel kedalaman 31 meter hingga 45 meter, kondisi ini merupakan kondisi tidal. Adanya sedimen berukuran kasar menunjukkan bahwa arus dan gelombang pada daerah itu relatif kuat. Rata-rata dari ukuran butir mencerminkan ciri energi pengendapan oleh air atau angin dalam mentransport sedimen (Richard, 1992).

Hasil analisis besar butir menunjukkan lapisan sedimen yang memiliki struktur penghalusan ke atas. Kedalaman 0-31 meter menunjukkan dominan nilai 6,5 yakni *medium silt*. Range nilai *mean grain size* 0-31 meter 4,40 (*very coarse silt*) hingga 7,29 (*fine silt*). Berbeda dengan kondisi kedalaman 32-45 meter, yakni perselingan *silt* dan *sand*. Kedalaman 32-40 meter merupakan lapisan *sand* 0,85 (*coarse sand*) hingga 3,54 (*very fine sand*). Kedalaman 39-42 meter merupakan lapisan



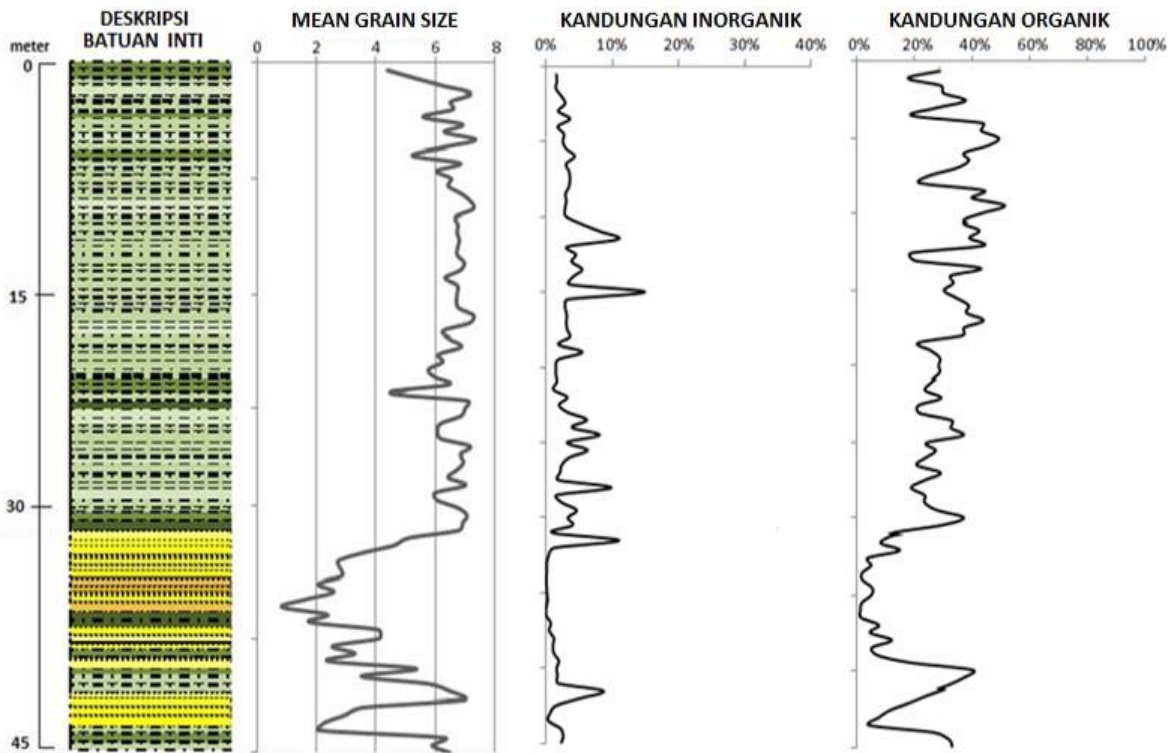
Gambar 4. Bivariate plot hubungan antara a. *Mean grain size* dan *sorting*, b. *Mean grain size* dan *kurtosis*, c. *Mean grain size* dan *skewness* dan d. *Sorting* dan *skewness*.

silt 5,3 (*coarse silt*) hingga 6,9 (*medium silt*). Kedalaman 43-44 meter memiliki nilai 2,09 (*fine sand*) hingga 3,55 (*very fine sand*). Kedalaman 44-45 meter memiliki nilai 5,89 (*coarse silt*) hingga 6,50 (*medium silt*). Keberadaan partikel kasar dengan persentase yang lebih tinggi pada kedalaman 31-45 meter menyebabkan ukuran butiran rata-rata yang dihasilkan menjadi lebih kasar.

Penyebaran frekuensi besar butir sangat tergantung pada proses lingkungan pengendapan. *Sorting* atau pemilahan adalah penyebaran ukuran butir terhadap ukuran butir rata-rata (Darlan, 1996). Apabila sedimen mempunyai penyebaran ukuran butir rata-rata sempit, dikatakan sortasi baik. Sortasi sedimen pada kedalaman 0-30 meter diklasifikasikan *poorly sorted* dilihat nilai sortasi berkisar 1,0-2,0 phi ; hal ini disebabkan oleh adanya pengaruh arus yang bekerja pada lingkungan tersebut yang mengakibatkan ukuran butir sedimen yang mengendap tercampur secara acak (Friedman and Sanders, 1978). Nilai sortasi 31-45 meter berkisar antara 2,00 – 4,00 phi yang diklasifikasikan menurut Folk and Ward, (1957) sebagai *very poorly sorted*. Pengendapan yang dihasilkan oleh proses pengendapan sungai menunjukkan nilai sortasi rendah dan nilai *skewness* yang positif bila dibandingkan oleh proses pengendapan pasir pantai yang

menunjukkan nilai sortasi tinggi dan nilai *skewness* negatif (Friedman 1961; Sengupta, 1994) Dari *bivariate plot* (Gambar 4a) diinterpretasikan bahwa pengendapan vertikal inti bor Semarang memiliki hubungan antara *mean grain size* dan sortasi di Kaligarang. Kecenderungan sampel didominasi pada klasifikasi *very poorly sorted* – *poorly sorted*. Kondisi *very poorly sorted* yaitu pemilahan sedimen terjadi sangat buruk, artinya telah terjadi perbedaan ukuran butiran sedimen atau ada ukuran butiran sedimen tertentu yang dominan sehingga ukuran butir sedimen tidak seragam. Gambar 4d korelasi sortasi dan *skewness* menunjukkan dominasi *poorly sorted* – *symmetrical*. Jika *poorly sorted sediment* (terpilah buruk), maka kekuatan arus pada perairan tersebut tidak stabil, artinya pada kondisi waktu tertentu terjadi arus dengan kekuatan yang besar dan berubah dalam kondisi lain melemah kembali (Wibisono *et al.*, 2016).

Kepencengen (*Skewness*) adalah penyimpangan distribusi ukuran butir terhadap distribusi normalnya. Distribusi normal adalah suatu distribusi ukuran yang pada bagian tengah dari populasi mempunyai jumlah ukuran butir yang paling terbanyak, sedangkan butiran halus dan kasar tersebar di sisi kanan dan kiri grafik dalam jumlah yang sama (Darlan, 1996). Apabila distribusi ukuran butir kelebihan butiran halus,



Gambar 5. Profil vertikal litologi, besar butir (*mean grain size*), kadar material inorganik dan material organik (Astriandhita et al., 2017).

maka kepecongannya bernilai positif. Sebaliknya bila satu distribusi ukuran butir kelebihan partikel kasar maka kepecongannya bernilai negatif. Karakter nilai *skewness* pada 0-30 meter didominasi *symmetrical*; nilai *skewness* 31-45 meter didominasi *very fine skewed*. Gambar 4c, korelasi *mean grain size* dan *skewness*, data yang terkategorikan mendominasi *symmetrical – fine skewed*. Kondisi ini merupakan kurva sebaran fraksi sedimen memiliki modulus disekitar nilai *mean*, sehingga butiran kasar dan halus akan tersebar merata di sisi kanan dan kiri kurva (Purnawan et al., 2016).

Menurut Darlan (1996), kurtosis adalah gambaran hubungan sortasi bagian tengah dan bagian bawah. Hasil kalkulasi kurtosis memperlihatkan bentuk keruncingan atau kedataran kurva dari sebaran frekuensi ukuran butiran. Kurtosis pada suatu wilayah pengamatan umumnya akan paralel dengan kondisi sortasi sedimennya (Boggs, 2009). *Platycurtic* dominasi nilai kurtosis rendah pada kedalaman 0-45 meter. *Platycurtic* yang mencirikan bahwa ukuran butiran sedimen pada titik pengambilan sampling cenderung sama. Gambar 4b hubungan *mean grain size* dan kurtosis

memiliki dominasi *platykurtik – leptokurtik*. Nilai kurtosis menunjukkan kepecongannya kurva; semakin besar nilai kurtosis maka bentuk kurva yang ditunjukkan akan semakin meruncing.

Lingkungan Delta Kaligarang mengalami berbagai proses baik pengaruh distribusi, orientasi, dan internal geologi dari endapan delta yang dikontrol oleh faktor bervariasi seperti iklim, morfologi, vegetasi, pengisian air, banyaknya sedimen, proses mulut sungai (*river-mouth*), gelombang, pasang surut, angin, arus, kemiringan *shelf*, tektonik dan geometri cekungan (Reading, 2001). Dibutuhkan data yang lebih mumpuni untuk mengetahui bentuk dominan Delta Kaligarang. Karakteristik dan distribusi sedimentasi pada delta sangat dipengaruhi oleh pasang surut, gelombang, dan proses fluvial (Einsele, 1992; Reading, 2001; Nichols, 2009). Berdasarkan data analisis besar butir, dan material organik dan inorganik diketahui bahwa *input* sedimentasi dari laut lebih besar dibanding darat. Lingkungan pengendapan pada sampel terjadi dua kondisi yang berbeda; yakni pada kedalaman 0-31 meter energi arus cenderung stabil dan rendah sehingga membentuk *suspension load*; berbeda

pada kedalaman 32-45 meter berupa area *tidal* dimana terjadi kecepatan turbulensi pada arus yang cenderung tidak stabil. Seiring dengan perubahan kondisi lingkungan pengendapan, terjadi perubahan besar butir yang disertai berubahnya nilai material organik (Gambar 5).

Menurut Wood (1987), terdapat hubungan antara kandungan bahan organik dan ukuran partikel sedimen. Kandungan bahan organik berhubungan dengan ukuran partikel sedimen. Pada sedimen yang halus persentase bahan organik akan lebih tinggi daripada sedimen yang kasar. Hal ini sehubungan dengan kondisi lingkungan tenang memungkinkan terjadinya pengendapan sedimen halus yang berupa lumpur diikuti oleh akumulasi bahan organik yang tinggi (Maslukah, 2013). Material organik yang disebut dengan *organic content* pada sampel menunjukkan fluktuasi berkisar 0-50%. Sampel dengan litologi *sand* menunjukkan hasil *organic content* yang rendah seiring dengan perubahan ukuran. Namun terlihat perubahan signifikan pada sampel berbutir *silt*, memiliki presentase kandungan organik besar dibandingkan *sand*. Sampel 1-30 meter memiliki kandungan nilai organik 20-40% dan bervariasi mengalami fluktuasi, berbeda ketika sampel 32-43 meter kandungan organik cenderung kurang dari 20% pada litologi *sand*. Aktivitas manusia sangat mempengaruhi kondisi lingkungan. Kondisi perairan menggambarkan perubahan karbon organik. Nilai organik yang tinggi berasal dari daratan terbawa oleh limpasan hujan atau debit sungai; dan dari lautan yakni produksi organisme laut (Yun *et al.*, 2015). Kondisi material inorganik masih belum dapat dijelaskan secara detail. Material inorganik tertinggi yakni 14,93% berada pada kedalaman 15 meter. Nilai material inorganik pada kedalaman 0-31 meter fluktuatif berkisar 1,02%-14,93%. Kedalaman 32-45 meter 0,08%-11,05%. Terjadi perbedaan, nilai inorganik perselingan *silt* dan *sand* kedalaman 31-45 meter cenderung kurva stagnan berbeda dari kedalaman 0-31 meter. Hal ini mengindikasikan dua lingkungan berbeda seiring pada perubahan nilai besar butir. Perubahan lingkungan di Delta Kaligarang pada kedalaman 0-31 meter dimana lingkungan *suspension load* memiliki litologi *silt*; nilai organik dan inorganik yang fluktuatif. Berbeda dibandingkan pada kedalaman 32-45 meter yang merupakan lingkungan *tidal* memiliki litologi perselingan *silt* dan *sand*; nilai organik dan inorganik cenderung rendah dan stabil (stagnan).

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah bahwa berdasarkan data besar butir dan kandungan organik dari material sedimen yang terendapkan mengindikasikan dua lingkungan yang berbeda pada Delta Kaligarang; yakni lingkungan yang cukup tenang (*suspension load*) pada kedalaman 0-31 meter; dan lingkungan *tidal* kedalaman 32-45 meter. Perubahan besar butir berpengaruh terhadap kandungan material organik yang signifikan hal ini terlihat dari kedalaman 0-31 meter yang lebih halus dan memiliki nilai organik tinggi dibandingkan nilai besar butir dan kandungan organik pada kedalaman 32-45 meter.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Kepala Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI Bandung, Bapak Eko Yulianto yang telah mendukung dilakukannya penelitian ini. Terimakasih kepada Bapak Eko Soebowo yang telah memberikan masukan dan izin penggunaan sampel. Kepada Bapak Eko Tri Sumarnadi, Bapak Joko, Ibu Eki yang membantu dalam pengerjaan di laboratorium. Terimakasih kepada Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran. Ucapan terimakasih juga kami sampaikan kepada pihak-pihak yang telah bersedia memberikan koreksi, kritik, dan saran.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adisaputra, M., dan Rostyati. 2003. Foraminifera sedimen dasar laut Delta Mahakam, Kalimantan Timur. Jurnal Geologi Kelautan 1 (3), 1 – 10.
- Astriandhita, K., Muljana, B., Winantris, Putra, P. S., Praptisih. 2017. The Delta Accretion Controlled by Environmental Parameters Case Study : Kaligarang Delta, North Semarang, Indonesia. The 2nd Join Conference of Utsunomiya University and Universitas Padjadjaran, November 2017. Jepang.
- Bakti, H., Naili, W., Lubis R., Delinom, R. M., dan Sudaryanto. 2014. Penjejak Keluaran Airtanah di Lepas Pantai (KALP) di Pantai Utara Semarang dan sekitarnya dengan <sup>222</sup>Radon. J. Ris.Geo.Tam. 24 (1), 43-51.
- Budiono, K. dan Panggabean H., 2008. Karakteristik mineral lempung pada sedimen resen permukaan dasar laut di perairan Kota

- Semarang. *Jurnal Sumber Daya Geologi* 18 (4), 231-238.
- Blott, S. J., and Pye, K., 2001. Gradistat: a Grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes Landforms* 6, 1237–1248. DOI: 10.1002/esp. 261.
- Boggs, S., 2006. *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*. Pearson Prentice Hall, New Jersey, 4th ed., 662pp.
- Darlan, Y., 1996. *Geomorfologi Wilayah Pesisir. Aplikasi Untuk Penelitian Wilayah Pantai*. Pusat Pengembangan Geologi Kelautan. Bandung.
- Einsele, G., 1992. *Sedimentary Basins; Evolution, Facies, and Sediment Budget*. Springer – Verlag New York, 615pp.
- Folk, R., and Ward, W., 1957. Brazos River Bar, A study in significance of grain size parameters. *Journal Sedimentary Petrology* 27, 3-27.
- Friedman, G., 1961. Distinction between Dune, Beach, and River Sands from their Textural Characteristic. *Journal Sedimentary Petrology* 31, 514-529.
- Friedman, G. and Sanders, 1978. *Principles of Sedimentology*. John Wiley & Sons, Inc., New York. 792pp.
- Heiri, O., 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of result. *Journal of Paleolimnology* 25(1), 101-110.
- Hidayat, E. D., 2013. Identifikasi sesar aktif di sepanjang jalur Kali Garang, Semarang. *JSD.Geo.* 23 (1), 31-37.
- Hirawan, F., 2007. *Riset, Bergulirlah Proses Ilmiah*. Unpad Press, Bandung.
- Jurnaliah, L., dan Winantris, 2015. Distribusi submikrofosil (polen dan foraminifera) pada delta front di delta Mahakam, Kalimantan Timur. *Bulletin of Scientific Contribution*, 13 (3), 169-181.
- Lambert, 2003. Micropaleontological investigations in the modern Mahakam delta, East Kalimantan (Indonesia). *Carnets de Géologie / Notebooks on Geology - Article* 2003/02 (CG2003\_A02\_BL), [http://paleopolis.rediris.es/cg/CG2003\\_A02\\_BL/CG2003\\_A02\\_BL.pdf](http://paleopolis.rediris.es/cg/CG2003_A02_BL/CG2003_A02_BL.pdf) Diunduh pada tanggal 05 Maret 2017.
- Murdohardono, D., dan Tigor, T., 2002, *Evaluasi Geologi Teknik Zona Bahaya Erosi/Lahan Kritis Kota Semarang dan Sekitarnya Propinsi Jawa Tengah*, DGTL, Bandung.
- Maslukah, L., 2013. Hubungan antara konsentrasi logam berat Pb, Cd, Cu, Zn dengan bahan organik dan ukuran butir dalam sedimen di Estuari Banjir Kanal Barat, Semarang. *Buletin Oseanografi Marina* 2(3), 55-62.
- Nichols, G., 2009. *Sedimentology and stratigraphy* Second Edition. A John Wiley & Sons, Ltd., Publication.
- Nugroho, S., dan Basit, A., 2014. Sebaran Sedimen Berdasarkan Analisis Ukuran Butir Di Teluk Weda, Maluku Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 6(1), 229-240.
- Permanawati, Prartono, Atmadipoera, Zuraida R. dan Chang., 2016. Rekam sedimen inti untuk memperkirakan perubahan lingkungan di perairan Lereng Kangean. *Jurnal Geologi Kelautan*.14 (2), 65 – 78.
- Poedjoprajitno, J., Wahyudiono, dan Cita, A., 2008. Reaktivitas Sesar Kaligarang, Semarang. *Jurnal Geologi Indonesia*, 3 (3), 129-138.
- Praptisih dan Cahyarini, S. Y., 2012. Sedimen Sebagai Arsip Perubahan Lingkungan. *Jurnal Geologi Kelautan* 10 (1), 51 – 56.
- Purnawan, S., Alamsyah, T. P., Setiawan, I., Rizwan, Ulfah, Rahimi. 2016. Analisis Sebaran Sedimen di Teluk Balohan Kota Sabang. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 8 (2), 531-538.
- Richard, A., 1992. *Depositional System an Introduction to Sedimentology and Stratigraphy* 2nd, Prastise Hall Inc. New Jersey. 604 pp.
- Reading, H. G., 2001. clastic facies models, a personal perspective. *Buletin of The Geological Society of Denmark* 48, 101-115.
- Rositasari, R., dan Lestari, 2013. *Evaluasi Lingkungan Perairan Pesisir Semarang*.



- Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis 5 (1), 112-121.
- Sardiyatmo, Supriharyono, dan Hartoko, A., 2013. Dampak dinamika garis pantai menggunakan citra satelit multi temporal Pantai Semarang Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Saintek Perikanan* 8 (2), 33-37.
- Soebowo, E., Sarah, D., dan Murdohardono, D., 2014. Geologi Teknik Amblesan Tanah Di Kota Semarang. *Proceedings PIT IAGI ke-43*, 16 – 18 September 2014. Jakarta, Indonesia.
- Sengupta, S., 1994. *Introduction to Sedimentology*. A.A Balkema Publisher, USA, 305pp.
- Thaden, R. E., Sumadirja, H., and Richards P. W., 1975. Peta Geologi lembar Magelang dan Semarang. Jawa, Skala 1 : 100.000. Direktorat Geologi, Bandung.
- Wibisono, Koenawan, C., Idris, F., 2016. Studi Karakterisasi Lapisan Sedimen di Perairan Pulau Penyengat Kota Tanjungpinang Provinsi Kepulauan Riau. [http://jurnal.umrah.ac.id/wp-content/uploads/gravity\\_forms/1-ec61c9cb232a03a96d0947c6478e525e/2016/08/jurnal1.pdf](http://jurnal.umrah.ac.id/wp-content/uploads/gravity_forms/1-ec61c9cb232a03a96d0947c6478e525e/2016/08/jurnal1.pdf). Diunduh pada 29 Agustus 2017.
- Winantris, 2012. Kelimpahan polen dan spora endapan channel Delta Mahakam. *Bulletin of Scientific Contribution* 10 (2), 89-95.
- Windarto, J., Pawitan, H., Suripin dan M Januar JP., 2008. Model prediksi tigggi muka air Sungai Kaligarang Semarang dengan jaringan syaraf tiruan. *TEKNIK*, 29 (3), 189 – 195.
- Wood, M. S., 1987. *Subtidal Ecology*. Edward Arnold Limited. Australia.
- Yulianti, A., Sarah, D., dan Soebowo, E., 2013. Pengaruh Lempung Ekspansif Terhadap Potensi Amblesan Tanah Di Daerah Semarang. *J. Ris.Geo.Tam.* 22 (2), 93 - 104.
- Yun, P. S., Ariffin, J., Siang, H. Y. dan Tahir, N., 2015. Influence of Monsoon on the Distribution of Organic Carbon in Inner Continental Shelf Core Sediments, South China Sea, Malaysia. *Sains Malaysiana*. 4 (7), 941–945.