

KARAKTERISTIK ENDAPAN DANAU RAWA PENING DI MUARA INLET SUNGAI GALEH, KECAMATAN AMBARAWA, KABUPATEN SEMARANG

Setyo Pambudi¹, Muhammad Fikri Abubakar²

¹Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

²PT. Indonesia Carbon Energy, Bandung, Jawa Barat

Email korespondensi: pambudisetyo@yahoo.com

Abstrak

Muara inlet Sungai Galeh di Danau Rawa Pening berada di Kecamatan Ambarawa, Kabupaten Semarang. Keterlambatan tanam saat pembukaan lahan di daerah aliran air Danau Rawa Pening menyebabkan erosi selama musim hujan, sehingga mempengaruhi karakteristik dan fasies endapan danau tersebut. Pengambilan sampel endapan Danau Rawa Pening di dua titik menggunakan metode modern coring. Hasil coring diamati dan dilakukan analisa granulometri menggunakan metode lazer scanning dengan alat Master Sizer 2000. Sampel Core RWP-01 berupa sedimen klastik halus (Pasir-Lanau), mencerminkan lingkungan muara sungai inlet pada sistem danau hidrologi yang dipengaruhi oleh proses fluvio-lakustrin dan menunjukkan penciri fasies danau dangkal. Sampel core RWP-02 berupa sedimen bertekstur halus (lumpur) kaya material organik, mencerminkan lingkungan pengendapan yang relatif tenang dan stabil, terbentuk oleh mekanisme arus densitas yang mencirikan fasies danau dalam. Perkembangan karakter sedimen ini menunjukkan perubahan fasies sedimen yaitu fasies danau dangkal berkembang menjadi fasies danau dalam (clastical lake lacustrine into deep lake lacustrine).

Kata kunci: karakteristik, endapan, Danau Rawa Pening, fasies, granulometri

Abstract

The Galeh River inlet estuary on Rawa Pening Lake is located in Ambarawa District, Semarang Regency. Delay in planting during land clearing in the Rawa Pening Lake watershed causes erosion during the rainy season, thereby affecting the characteristics and facies of the lake's sediment. Sampling of Rawa Pening Lake sediment at two points using modern coring methods. The coring results were observed and granulometric analysis was done using lazer scanning method with Master Sizer 2000. Core RWP-01 samples in the form of fine clastic sediments (Sand-Silt), reflecting the inlet river estuary environment in the hydrological lake system which is influenced by the fluvio-lacustrin process and showing characterizer of shallow lake facies. RWP-02 core samples in the form of fine-textured sediments (mud) rich in organic material, reflecting a relatively calm and stable depositional environment, formed by the density current mechanism that characterize the deep lake facies. The development of these sedimentary characters show changes in sedimentary facies, namely shallow lake facies developing into clastical lake lacustrine into deep lake lacustrine facies.

Keywords: characteristics, sediment, Lake Rawa Pening, facies, granulometry.

1. Pendahuluan

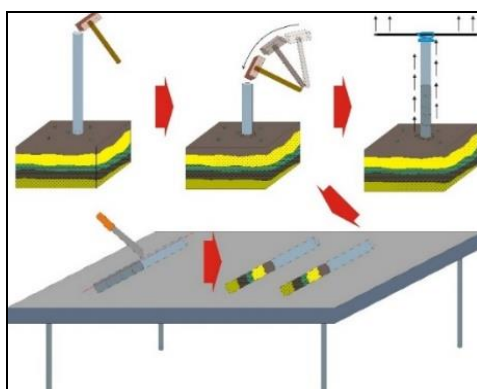
Danau di Indonesia pada saat ini banyak yang mengalami degradasi oleh karena terjadinya pembukaan lahan hutan menjadi lahan pertanian atau penggunaan lahan lainnya, seperti perumahan, industri dan pertambangan [1]. Keterlambatan tanam pada saat pembukaan lahan menyebabkan erosi tanah selama musim hujan, sehingga meningkatkan kekeruhan air dan mengganggu ekosistem sungai dan danau. Beberapa peneliti telah melakukan pengkajian parameter ekosistem daerah tangkapan air dan kajian parameter untuk menilai kualitas ekosistem perairan Danau Rawa Pening dengan menggunakan penginderaan jarak jauh [2][3]. Danau merupakan salah satu lingkungan pengendapan sedimen yang terbentuknya dapat melalui beberapa mekanisme, yaitu berupa pergerakan tektonik sebagai pensesaran dan pemekaran, proses glasiasi atau oleh penyumbatan batuan [4]. Fasies danau memiliki karakteristik tertentu [5], dibagi menjadi dua yaitu fasies pengendapan klastik pada batas danau (danau dangkal) (*lake margin clastic deposit*) dan fasies danau dalam (*deep lake facies*) [5]. Fasies pengendapan klastik pada batas danau dicirikan oleh endapan berukuran halus – kasar serta keragaman organik yang hidup seperti tumbuhan dan juga hewan dimana sedimen yang diendapkan sebelumnya akan berubah menjadi tanah dengan tekstur simpul (*nodular texture*) dan terkadang karbonatan (*calcareous*). Sedangkan pada fasies danau dalam dicirikan oleh endapan berukuran halus dan kaya akan material organik berupa sisa

tumbuhan danau. Peristiwa perkembangan fasies danau yang dipengaruhi oleh tektonik, umumnya merupakan suatu rekaman informasi yang baik untuk merekonstruksi perubahan iklim dan tektonik [6][7]. Fasies danau selain untuk mengetahui perubahan iklim juga dapat untuk mengetahui meluas dan menyusutnya danau [8].

Danau Rawa Pening secara administrasi berada di Kabupaten Semarang dan sebagian kecil masuk Kabupaten Salatiga. Danau Rawa Pening merupakan tipe danau bendungan yang terbentuk dari aliran air (DAS) yang terbendung secara alamiah [9]. Keterlambatan tanam pada saat pembukaan lahan di daerah aliran air menyebabkan erosi tanah selama musim hujan, sehingga hasil erosi tanah tersebut melalui media sungai mengalir ke Danau Rawa Pening dan akan mempengaruhi karakteristik dan fasies yang diendapkan di danau tersebut. Depresi Rawa Pening terbentuk akibat proses tektono vulkanik sebagai pengaruh dari letusan Gunung Suropati – Telomoyo pada Akhir Plistosen. Letusan tersebut bersifat destruktif yang menghasilkan produk vulkanik berupa breksi Notopuro yang diendapkan di atas basement sedimen Neogen berupa napal dan lempung. Basement napal dan lempung ini menjadi bidang gelincir yang menyebabkan breksi Notopuro mengalami *Glidding Tectonic Collepase* [10]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik endapan Danau Rawa Pening sehingga bisa ditentukan fasies dan pola sedimentasi. Penelitian dilakukan dengan cara analisa karakteristik fasies danau dengan pendekatan modern analog pada sedimen Danau Rawa Pening dengan mengamati pola sedimentasi pada salah satu danau berumur kuartar.

2. Metode penelitian

Penelitian diawali dengan pengambilan data primer di lapangan dengan metode *modern coring* pada endapan danau (Gambar 1). Metode *modern coring* menggunakan PVC panjang 2,5 meter dan lebar 3 inch, merupakan salah satu metode pengamatan stratigrafi detail secara vertikal untuk mengetahui karakteristik sedimen meliputi geometri, tekstur dan struktur sedimen.



Gambar 1. Metode *modern coring*

Hasil *coring* kemudian dilakukan analisa granulometri dengan menggunakan metode *lazer scanning* dengan menggunakan alat Master Sizer 2000 (Gambar 2). Pengukuran dilakukan pada sampel sedimen klastik halus dengan kandungan organik yang rendah. Hasil analisa ini menunjukkan variasi nilai mean, sorting, kurtosis dan skweness serta kurva distribusi persebaran butir dan tekstur dari masing-masing sampel.



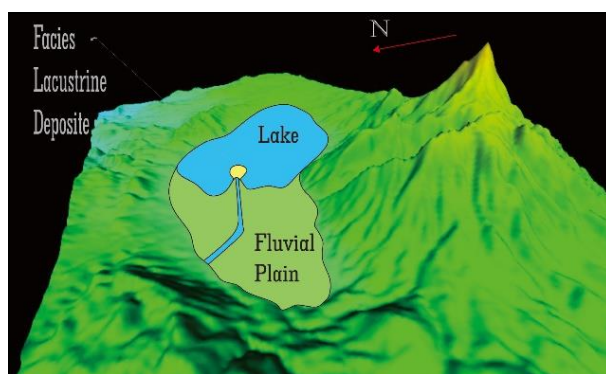
Gambar 2. Malvern Mastersizer 2000, alat pengukur granulometri

3. Hasil dan Analisis

Kegiatan *manual coring* dilakukan *transection* berarah barat-timur dari muara inlet Sungai Galeh ke arah inti danau Rawa Pening (Gambar 3). *Manual coring* dilakukan di dua titik berbeda, yaitu yang pertama dengan kode *Core RWP-01* dan yang kedua kode *Core RWP-02*. Kedua *coring* tersebut dianalisa untuk menentukan karakteristik endapan danau Rawa Pening yaitu meliputi tekstur, geometri (ketebalan), orientasi struktur, hubungan stratigrafi antar satu lapisan sedimen dengan sedimen lainnya dan untuk mendapatkan gambaran stratigrafi sedimen serta korelasinya pada kedalaman yang ekuivalen.

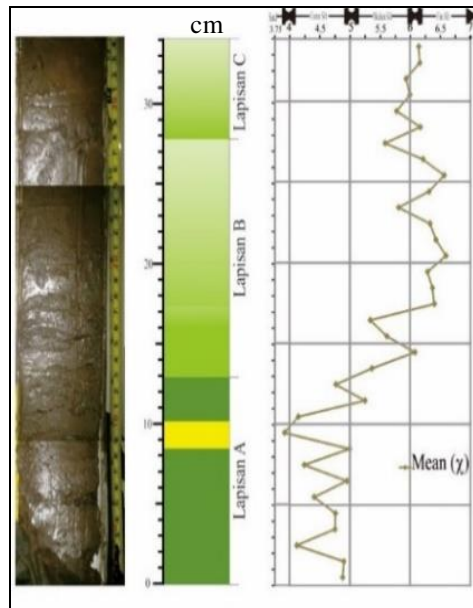
3.1. Core RWP-01.

Sampel diambil pada daerah muara sungai inlet (*mouthbar*) menggunakan *pvc core* 2,5m, tinggi muka air danau $\pm 1,5$ m dan kedalaman *core* 1,1m. Lapisan sedimen yang dianalisa terdapat pada kedalaman 0-34 cm (bawah-atas) dengan asumsi lapisan sedimen di atasnya dianggap sebagai lapisan antropogenik dengan batas yang berangsur. Lapisan antropogenik ini dicirikan dengan tekstur dan struktur lapisan yang acak. Hal ini disebabkan oleh aktivitas manusia yang mengontrol daerah tersebut. Lokasi pengambilan sampel merupakan daerah yang dijadikan oleh masyarakat setempat sebagai lahan sawah pasang-surut. Aktivitas pengerukan serta penimbunan material sedimen lepas sering dilakukan untuk pembuatan lahan tersebut. Selain itu juga dijumpai *clast* lumpur sebagai paleosol yang merupakan cerminan dari proses eksogenik yang terjadi akibat dari lapisan sedimen yang tersingkap dan kontak dengan oksigen.



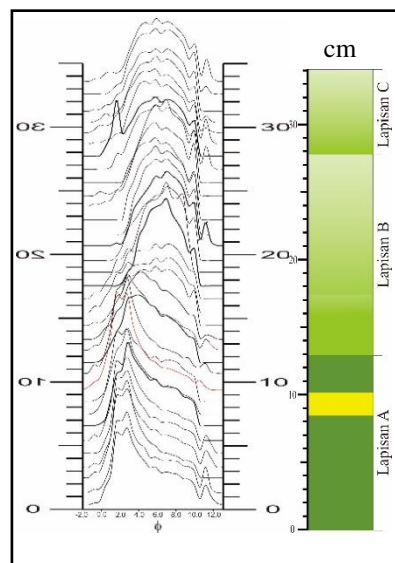
Gambar 3. Muara inlet sedimen melalui sungai Galeh (*overlay 3D map SRTM*)

Secara fisik lapisan sedimen pada *core* dapat dibedakan menjadi beberapa lapisan yang secara berurutan dari bawah ke atas yaitu: lapisan lanau sangat kasar dengan sisipan pasir, lapisan lanau kaya gambut dan lapisan lanau kasar. Analisa granulometri dilakukan dengan menggunakan metode *lazer scanning* menggunakan alat Master Sizer 2000 pada sampel *core*. Pengukuran dilakukan pada sampel sedimen klastik halus dengan kandungan organik yang rendah. Pengukuran dilakukan pada setiap interval 1cm dari sampel *core*. Berdasarkan hasil analisa ukuran butir, menurut klasifikasi Wentworth [11] sampel dapat dikategorikan terdiri atas beberapa lapisan sedimen yaitu Lapisan A, Lapisan B, dan Lapisan C (Gambar 4).



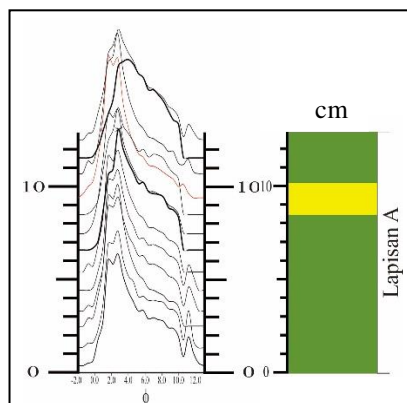
Gambar 4. Profil Stratigrafi Core RWP-01

Distribusi ukuran butir pada setiap interval 1 cm dari sampel menunjukkan adanya variasi perkembangan puncak. Dari bawah ke arah atas perubahan puncak distribusi ukuran butir menunjukkan kesan *fining upward* dan pada beberapa tempat dijumpai lebih dari satu puncak (*Bimodal-Polymodal*) (Gambar 5).



Gambar 5. Kurva distribusi ukuran butir core RWP-01

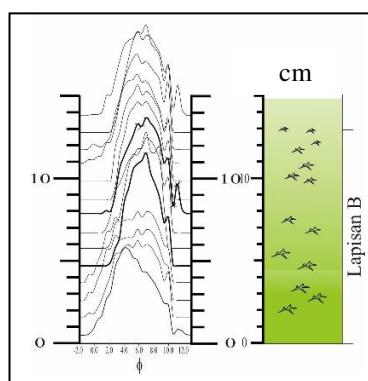
Lapisan A dijumpai pada interval 0-13 cm terdiri atas lanau sangat kasar ($4.0-5.0\phi$) dengan sisipan pasir di akhir sikuen pengendapan. Tebal lapisan 13 cm dengan nilai mean yang berkisar antara $3.9-4.9\phi$, *poorly sorted*, *playkurtic*, serta *very fine skewed*. Sedimen bertekstur lanauan yang berkembang semakin kasar ke akhir sikuen (*coarsening upward*) dengan ukuran butir $4.0-4.9\phi$ dan pemilahan butir jelek. Dijumpai dengan layer pasir pada kedalaman 9-10 cm, dengan ukuran butir pasir halus (3.9ϕ) dan pemilahan butir jelek. Hadir dalam bentuk sisipan dengan struktur laminasi (Gambar 6).



Gambar 6. Kurva distribusi lapisan lanau sangat kasar dengan sisipan pasir

Berdasarkan karakter fisik, dapat diinterpretasikan lapisan ini dibentuk oleh peristiwa *Coarsening Upward Sequence*. Tekstur sedimen yang berukuran lanauan berkembang semakin kasar ke akhir sikuen. Hal ini menunjukkan laju pengendapan yang tinggi dengan pasokan sedimen juga tinggi dalam jangka waktu yang panjang [5]. Sumber sedimen berasal dari proses fluvial dengan sungai sebagai media transport yang mengendapkan sedimen pada muara sungai (*mouth bar*). Layer pasir mewakili peristiwa puncak sikuen yang menunjukkan puncak pengaruh fluvial pada kondisi banjir yang membawa material dengan ukuran yang lebih besar. Pengendapan dikontrol oleh proses fluvial yang dominan dengan media arus-arus suspensi yang mengendapkan material sedimen berukuran lanau. Selanjutnya proses pengendapan di kontrol oleh arus traksi yang mengendapkan material pasir pada puncak pengendapan sikuen. Berdasarkan ciri-ciri tersebut di atas, dapat dikategorikan lapisan ini mewakili fasies *clastical lacustrine* dengan media *fluvio-lacustrine deposition* [5].

Lapisan B dijumpai pada interval 13-27,9 cm dengan tebal 14,9 cm. Terdiri atas lanau kaya gambut, berwarna hitam gelap (*dark silt*) merupakan cerminan dari pengkayaan material organik yang mengalami pembusukan akibat proses reduksi yang terjadi selama pengendapan berlangsung, berkembang semakin halus ke akhir sikuen (*fining upward*). Lapisan ini memiliki nilai mean dengan kisaran 5.3-6.5 ϕ , *poorly sorted*, *platykurtic* dan *symetrical skewed*. Hadir dalam bentuk lapisan *mudflat*, tanpa variasi tekstur serta orientasi struktur primer sedimen (Gambar 7). Tekstur sedimen yang berukuran lanau berkembang semakin halus dan konstan halus pada akhir sikuen.



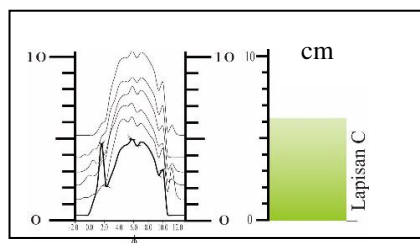
Gambar 7. Kurva distribusi lapisan lanau kaya material organik

Berdasarkan karakter fisik tersebut, dapat diinterpretasikan bahwa lapisan B dibentuk pada daerah peralihan (*marginal lake*) yaitu fluvial ke arah lakustrin. Peristiwa *fining upward sequence* pada lapisan sedimen ini mencerminkan suplay material sedimen yang semakin berkurang serta energi media transport yang semakin melemah. Pengendapan terjadi oleh mekanisme suspensi yang berkembang semakin dominan ke akhir sikuen. Proses pengendapan dikontrol oleh proses fluvial yang semakin berkurang yang mulai berkembang ke arah pengendapan lakustrin.

Pengendapan lapisan sedimen memberikan gambaran terkait mikro paleogeografi lingkungan pengendapan sedimen. Kondisi mikro paleogeografi diketahui mengalami perkembangan dengan semakin mendalam (*deeper into the lake*) dengan lingkungan yang tercermin dari ukuran butir yang semakin menghalus. Selain itu juga kandungan material organik pada lapisan akibat proses reduksi memberikan

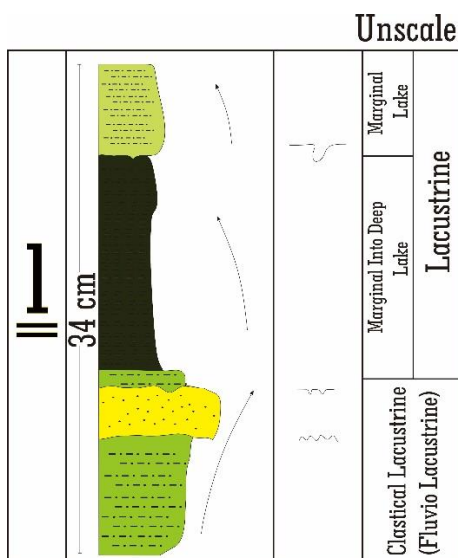
gambaran terkait lingkungan pengendapan yang semakin dalam ke arah inti danau dengan kadar oksigen yang semakin berkurang. Berdasarkan ciri-ciri tersebut di atas, dapat dikategorikan lapisan B mewakili fasies *marginal clastical lacustrine into deep lacustrine* [5].

Lapisan C dijumpai pada interval 28-34 cm dengan tebal 6 cm. Terdiri atas lanau kasar yang menghalus ke akhir sikuen, miskin material organik, hadir dalam bentuk lapisan *mudflat*, tanpa variasi tekstur serta orientasi struktur primer sedimen (Gambar 8). Lapisan ini memiliki nilai mean berkisar antara 5.7-6.15 ϕ , *very poorly sorted*, *Platykurtic* dan *symmetrical skewed*.



Gambar 8. Kurva distribusi lapisan lanau kasar

Tekstur sedimen yang berukuran lanau dengan orientasi lebih kasar dibanding lapisan di bawahnya mencerminkan sebuah awal dari proses pengendapan. Lapisan yang diawali tekstur lanau kasar tersebut mencerminkan orientasi sikuen menghalus ke arah atas (*fining upward*). Hal ini memberikan gambaran terkait mekanisme pengendapan sedimen oleh kontrol fluvial yang menyuplai material sedimen berukuran lanau kasar dari sungai inlet yang kemudian berkembang ke arah pengendapan oleh kontrol lakustrin. Mekanisme arus suspensi menjadi media yang mengangkut material sedimen yang bersumber dari muara sungai inlet dan kemudian diendapkan pada lingkungan danau yang lebih dalam. Berdasarkan ciri-ciri tersebut di atas, dapat dikategorikan lapisan ini mewakili fasies *marginal clastical lacustrine into deep lacustrine* [5] (Gambar 9).



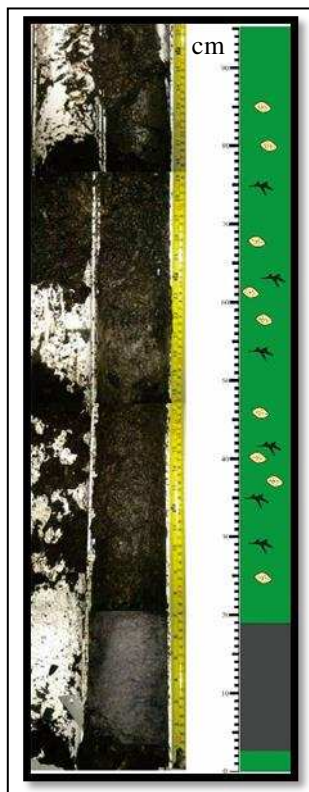
Gambar 9. Kolom stratigrafi dan interpretasi fasies sedimen pada sampel *core* rwp-01

3.2. Core RWP-02

Sampel diambil pada daerah inti danau dengan menggunakan metode *manual coring*. Proses sampling dilakukan pada lokasi dengan ketinggian muka air $\pm 1,5$ m menggunakan *pvc core* dengan tinggi 2,5 m. Sampel *core* memiliki kedalaman 1,3 m tersusun atas sedimen berukuran *mud* dengan karakter lengket dan berwarna hitam. Dijumpai pula material organik berupa daun tumbuhan danau (eceng gondok) dalam kondisi yang beragam (segar-busuk). Selain itu juga dijumpai potongan kayu dan batang tumbuhan darat (Gambar 10).

Endapan sedimen yang diamati berada pada kedalaman 0 – 87 cm secara umum dibentuk oleh endapan lumpur hitam kaya material organik pada sepanjang *core*. Lapisan berkembang masif tanpa dijumpai variasi struktur sedimen yang tegas dengan karakter endapan berwarna hitam. Dijumpai material organik yang berlimpah di sepanjang lapisan. material organik tersebut berupa daun tumbuhan danau

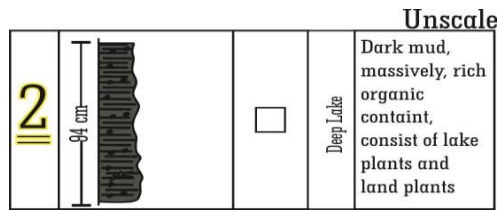
(eceng gondok) dalam kondisi yang beragam (segar-busuk). Selain itu juga dijumpai potongan kayu dan batang tumbuhan darat. Berdasarkan karakter endapan tersebut dapat diinterpretasikan lapisan dibentuk oleh mekanisme suspensi arus densitas (*density flow*). Sedimen suspensi yang menyebar adalah sedimen yang terbawa oleh arus sungai inlet dan kehilangan kecepatan pada saat bercampur dengan air danau. Proses pengendapan material terjadi karena hilangnya densitas sedimen atau dengan kata lain material sedimen dapat terendapkan karena berat jenis partikel lebih besar atau sama dengan energi arus. Lingkungan yang tenang tanpa adanya gangguan yang dapat merubah regime arus serta kondisi suplay sedimen yang stabil merupakan penciri sistem pengendapan oleh arus tersebut.



Gambar 10. Profil stratigrafi *core* RWP-02

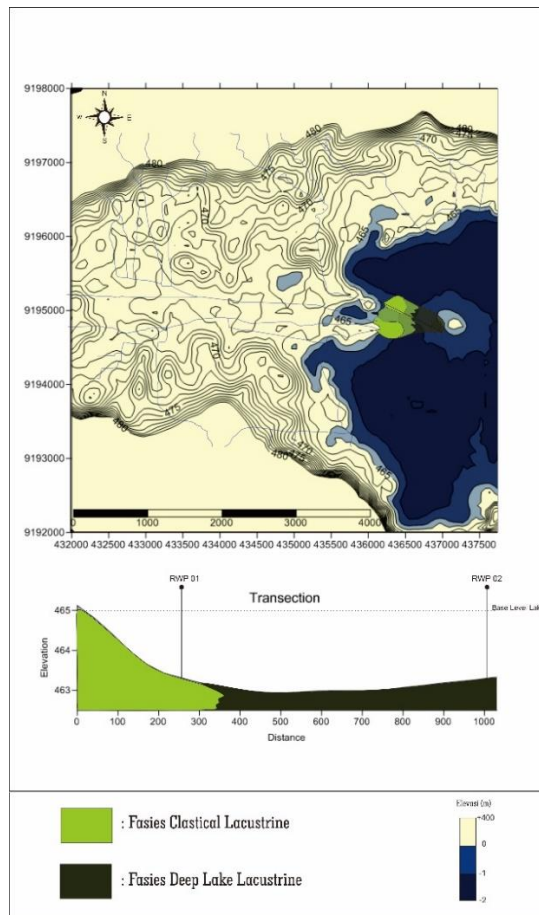
Kehadiran material organik juga merupakan penciri mekanisme pengendapan. Batang tumbuhan danau (eceng gondok) dijumpai melimpah pada bagian atas lapisan dan potongan kayu dijumpai pada bagian bawah lapisan. Hal ini mencerminkan suatu proses pengendapan oleh arus densitas, dimana potongan kayu yang memiliki berat jenis lebih besar terendapkan lebih dahulu kemudian setelahnya diikuti oleh material dengan nilai berat jenis yang lebih rendah. Mekanisme ini berlangsung pada satu periode pengendapan yang sama.

Karakter lapisan lumpur yang berwarna hitam (*dark mud*) menjadi penciri lingkungan pengendapan material. Warna hitam yang khas merupakan cerminan dari proses reduksi yang terjadi akibat dari pengendapan material sedimen pada daerah dengan kadar oksigen rendah. Hal ini menyebabkan kandungan material organik pada lapisan mengalami pembusukan. Kondisi ini menggambarkan lingkungan inti danau yang jauh di bawah permukaan air danau. Lingkungan inti danau berada jauh dari inlet sungai sehingga regime arus yang terjadi relatif tenang dan stabil. Berdasarkan ciri-ciri tersebut di atas dapat dikategorikan lapisan ini mewakili fasies *deep lacustrine/lake* dengan mekanisme *density flow* [5] (Gambar 11).



Gambar 11. Kolom stratigrafi dan interpretasi fasies sedimen pada sampel *core rwp-02*

Berdasarkan endapan hasil *modern coring* dangkal yang dilakukan pada daerah penelitian tersebut, dijumpai variasi endapan yang mencerminkan perkembangan fasies secara horizontal maupun vertikal. Secara umum perkembangan sedimen sepanjang lintasan (*transect*) mencirikan suatu perubahan fasies selama proses pengendapan pada danau Rawa Pening. Kontrol sedimen klastik sangat tinggi di daerah batas danau (*marginal lake*) yang berkembang fluktuatif yang menunjukkan waktu puncak mekanisme fluvial dan puncak mekanisme lakustrin. Semakin ke arah inti danau (*deep lake*) kontrol sedimen klastik semakin berkurang, yang diikuti dengan pengaruh kandungan material organik semakin tinggi. Pengendapan dikontrol oleh proses lakustrin, dengan mekanisme arus densitas. Perkembangan karakter sedimen diikuti dengan perubahan fasies sedimen yaitu fasies danau dangkal yang berkembang menjadi fasies danau dalam (*classical lake lacustrine into deep lake lacustrine*) (Gambar 12).



Gambar 12. Peta penyebaran fasies sepanjang *transect*

4. Kesimpulan

Core RWP-01 terdiri atas endapan danau berupa sedimen klastik halus (Pasir-Lanau) yang mencerminkan lingkungan muara sungai inlet pada suatu sistem danau hidrologi (*freshwater lake*). Mekanisme pembentukan unit-unit endapan tersebut dipengaruhi oleh proses fluvio-lakustrin yang berfluktuasi selama proses pengendapan. Sampel tersebut menunjukkan penciri fasies danau dangkal

(*clastical lacustrine facies*). Sedangkan sampel *core* RWP-02 terdiri atas endapan danau berupa sedimen bertekstur halus (lumpur) kaya akan material organik berupa sisa tumbuhan danau yang mencerminkan lingkungan pengendapan yang relatif tenang dan stabil. Terbentuk melalui mekanisme arus densitas oleh proses pengendapan lakustrin. Sampel tersebut mencirikan fasies danau dalam (*deep lake lacustrine*).

Perkembangan sedimen sepanjang lintasan (*transect*) mencirikan suatu perubahan fasies selama proses pengendapan pada danau Rawa Pening. Kontrol sedimen klastik sangat tinggi di daerah batas danau (*marginal lake*) yang berkembang fluktuatif, menunjukkan waktu puncak mekanisme fluvial dan puncak mekanisme lakustrin. Semakin ke arah inti danau (*deep lake*) kontrol sedimen klastik semakin berkurang, yang diikuti dengan pengaruh kandungan material organik semakin tinggi. Pengendapan dikontrol oleh proses lakustrin, dengan mekanisme arus densitas. Perkembangan karakter sedimen ini menunjukkan perubahan fasies sedimen yaitu fasies danau dangkal berkembang menjadi fasies danau dalam (*clastical lake lacustrine into deep lake lacustrine*).

Daftar Pustaka

- [1] K. L. Hidup, "Grand Design Penyelamatan Ekosistem Danau Indonesia." Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup, 2014.
- [2] B. Trisakti and I. Carolita, "Pemetaan Run-off dan Debit Aliran Permukaan di Daerah Tangkapan Air (DTA) Danau Singkarak, Prosiding Nasional Sains Geoinformasi 2013, Yogyakarta 25-26 September,," 2013.
- [3] B. Trisakti, N. Suwarnana, and J. S. Cahyono, "Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh Untuk Memantau Parameter Status Ekosistem Perairan Danau (Studi Kasus: Danau Rawa Pening). Seminar Nasional Penginderaan Jauh Nasional 2014,," 2014.
- [4] S. Boggs Jr, *Principles of sedimentology and stratigraphy*. Pearson Education, 2014.
- [5] G. Nichols, *Sedimentology and stratigraphy*. John Wiley & Sons, 2009.
- [6] P. Anadon, L. L. Cabbera, and K. Kelts, "Preface., Lacustrine Facies Analysis: Spec," *Publs. Int. Ass. Sediment*, vol. 13, 1991.
- [7] F. Baltzer, "Late Pleistocene and Recent detrital sedimentation in the deep parts of northern Lake Tanganyika (East African rift)," in *Lacustrine Facies Analysis*, vol. 13, Int. Assoc. Sedimentol. Spec. Publ, 1991, pp. 147–173.
- [8] M. A. Perlmutter and M. D. Matthews, "Global cyclostratigraphy—a model, in TA Cross, ed., Quantitative dynamic stratigraphy." Prentice Hall Englewood Cliffs, New Jersey, 1990.
- [9] N. S. Wardani, "Sistem Geologi Rawa Pening," *Pap. dalam Simp. dan Lokakarya Pelestarian Danau Rawa Pening untuk Pemberdaya. Masy.*, pp. 18–19, 2002.
- [10] van R. W. Bemmelen, *The Geology of Indonesia*, 1A ed. Government Printing Office, The Hague, 1949.
- [11] R. L. Folk, *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill publishing company, 1980.