



## PEMODELAN KONDISI LINGKUNGAN SAG POND SESAR LEMBANG, BERDASARKAN ANALISIS KANDUNGAN ALGA, LEMBANG, JAWA BARAT

### MODELING ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF SAG POND LEMBANG FAULT, BASED ON ALGAL CONTENT ANALYSIS, LEMBANG, WEST JAVA

Rizki Satria Rachman\*, Winantris, Lia Jornaliah, Lili Fauzielly

Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran, Jln. Raya Bandung-Sumedang Km.21, Jatinangor, Kab. Sumedang,  
Jawa Barat 45363

\*Corresponding author: rizkisatriarachman@gmail.com

Naskah Diterima: 22 April 2020; Direvisi: 28 November 2020; Disetujui: 16 Juni 2021

#### Abstrak

Alga merupakan mikroorganisme fotosintesis yang tidak memiliki tubuh sejati dengan distribusi lingkungan yang sangat luas dan memiliki banyak fungsi, salah satunya sebagai indikator perubahan lingkungan. Wilayah Cekungan Bandung telah dilakukan penelitian dari beberapa aspek. Akan tetapi, penelitian terutama dari aspek alga yang memperlihatkan perubahan lingkungan belum dilakukan pada daerah tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk melihat bagaimana perubahan lingkungan dari endapan *sag pond* bekas Danau Bandung pada wilayah Cekungan Bandung menggunakan keberagaman alga dan ukuran butir sedimen. Metode asam dilakukan untuk memisahkan alga dari endapan, serta deskripsi batuan dilakukan untuk melihat ukuran butir endapan pada lokasi penelitian. Analisis data dan pemodelan dilakukan dengan mengelompokkan alga sesuai dengan kondisi habitatnya yang terbagi menjadi kelompok *Pinnularia*, *Euglena*, *Acrinastrum* dan *Dinobryon*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lokasi penelitian mengalami empat kali perubahan lingkungan yang dibagi kedalam zona-zona dan subzona. Setiap zona tersebut diawali dengan kondisi air tercemar yang ditandai oleh peningkatan kelompok *Euglena* dan ukuran butir halus dari sedimen. Sedangkan pada bagian akhir, perairan memperlihatkan kondisi air normal yang ditunjukkan dengan peningkatan kelompok *Pinnularia* dan ukuran butir sedimen yang menjadi lebih kasar.

**Kata kunci:** Alga; Cekungan Bandung; Lingkungan; Pemodelan; *Sag pond*; Ukuran butir

#### Abstract

*Algae is known as a photosynthetic microorganism that don't have a true body with very broad distributions of the environment. Algae have a lot of functions, one of which is an indicator of environmental change. The Bandung Basin area has been researched from several aspects. However, research especially from the algae aspect that shows environmental changes, has not been carried out in this area. This research was conducted to see how the environmental changes of Lake Bandung sag pond deposits in the Bandung Basin by using algae diversity and grain size deposits. The acetolysis method is carried out to see algae content in the sediment, and rock description is carried out to see the grain size of the sediment in the study area. Furthermore, data analysis and modeling were conducted by grouping algae according to environmental conditions which are divided into Pinnularia group, Euglena group, and other groups. The result showed that the study area occurred four times in environmental changes which were divided into zones and subzones. Each zone initially had polluted water conditions characterized by an increase in Euglena groups and the fine grain size of sediment. While in the end, the waters showed normal water conditions characterized by an increase in Pinnularia group and the grain size of the sediment became coarser.*

**Keywords:** Algae; Bandung basin; Environment; Grain size; Modeling; *Sag pond*

**Permalink/DOI:** <http://dx.doi.org/10.15408/kauniyah.v14i2.15420>

## PENDAHULUAN

Alga secara bahasa berasal dari bahasa Latin yang berarti rumput laut (Zodape, 2001; Rompis, 2009; Djaeni, Prasetyaningrum, & Mahayana, 2012; Hidayah, Harlia, Gusrizal, & Sapar, 2013; Yusri, 2016), sedangkan secara umum alga diketahui sebagai suatu organisme fotosintesis yang tidak memiliki tubuh sejati seperti tumbuhan (akar, batang, maupun daun). Banyak dari jenis alga merupakan mikroorganisme yang hanya dapat dilihat menggunakan mikroskop (Chapman & Chapman, 1973; Hoek, Mann, & Jahns, 1995; Munifah, 2008; Bellinger & Sige, 2010; Kepel, Mantiri, & Manu, 2015; Kemer, Paransa, Rumengan, & Mantiri, 2015; Wehr, Sheath, & Kociolek, 2015). Alga memiliki distribusi yang sangat luas dan dapat hidup dalam berbagai keadaan lingkungan baik itu di darat maupun di laut dengan temperatur tinggi hingga rendah. Adapun beberapa sumber menyatakan bahwa alga mampu hidup dalam keadaan pH tinggi (basa) hingga rendah (asam), bahkan dengan kondisi ekstrem (Seckbach, 2007; Makmur, 2008; Munifah, 2008; Teheni, Nafie, & Dali, 2016). Alga hidup dengan dua cara, yaitu mengambang pada kolom air yang disebut planktonik dan berada di dasar permukaan air yang disebut bentonik (Hoek et al., 1995; Bonilla, Villeneuve, & Vincent, 2005; Althouse, Higgins, & Zanden, 2014).

Alga air tawar yang tersebar di permukaan bumi sangat beragam dan dibagi menjadi sepuluh golongan besar, yaitu *Cyanophyta*, *Chlorophyta*, *Euglenophyta*, *Xanthophyta*, *Dinophyta*, *Cryptophyta*, *Chrysophyta*, *Bacillariophyta*, *Rhodophyta*, dan *Phaeophyta* (Bellinger & Sige, 2010; Pal & Choudhury, 2014; Baweja & Sahoo, 2015). Keberagaman alga tersebut menyebabkan alga memiliki fungsi yang sangat bermanfaat bagi manusia (Syauqi, 2017). Fungsi tersebut antara lain sebagai bahan makanan, bahan baku pembuatan ban, cat, kosmetik, pasta gigi, kertas, dan kain. Pada bidang kedokteran, alga dimanfaatkan sebagai antibiotik, pereda pendarahan (aglutinogen), dan obat-obatan lain. Pada bidang lainnya, alga dimanfaatkan sebagai bahan baku pakan ternak, pupuk, dan pengolahan limbah (Lewin, 1995; Rasyid, 2004; Munifah, 2008; Pangestuti & Kim, 2011;

Ramanan, Kim, Cho, Oh, & Kim, 2016). Selain fungsi tersebut, alga juga dapat digunakan penelitian sebagai indikator kondisi lingkungan di suatu perairan (McCormick & Cairns, 1994; Stevenson & Smol, 2003; Douglas, Hamilton, Pienitz, & Smol, 2004; Raven, Giordano, Beardall, & Maberly, 2011; Awal, Tantu, & Tenriawaru, 2014; Parmar, Rawtani, & Agrawal, 2016).

Wilayah Bandung dan sekitarnya merupakan suatu cekungan yang dahulu merupakan suatu danau yang disebut Danau Bandung. Eksistensi danau ini telah ada sejak 134.000 tahun yang lalu dan mulai menyusut sejak 7.410 tahun yang lalu, hingga saat ini telah sepenuhnya kering (Kaars & Dam, 1995; Dam, Suparan, Nossin, & Voskuil, 1996; Kaars & Dam, 1997; Fajrina, Winantris, & Fauzielly, 2016; Safrina, Winantris, & Fauzielly, 2014). Danau tersebut menghasilkan suatu endapan yang menyimpan kandungan alga didalamnya. Oleh karena itu, alga yang ada pada endapan ini dapat menggambarkan bagaimana perubahan kondisi lingkungan Danau Bandung dari waktu ke waktu (Han, 1997; Kut, Topcuoglu, Esen, Kucukcezzar, & Guven, 2000; Medeanic, 2006; Verbeken, Geel, Cocquyt, & Verschuren, 2011; Quamar, 2015).

Danau Bandung yang ada di Cekungan Bandung memiliki bagian yang disebut *sag pond*, merupakan suatu kolam relatif kecil yang pembentukannya pada daerah Bandung dipengaruhi oleh adanya Sesar Lembang (Hidayat, 2010; Hubert-Ferrari, Avsar, Ouahabi, & Lepoint, 2012; Rasmid, 2014; Simpson et al., 2014; Ghassemi et al., 2014). *Sag pond* pada Cekungan Bandung terletak di sebelah utara berdampingan dengan kehadiran Sesar Lembang (Hidayat, 2010).

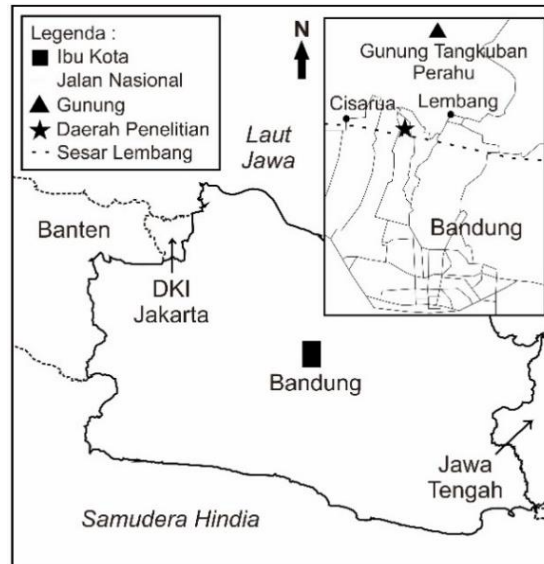
Hasil penelitian sebelumnya tentang cekungan dan Danau Bandung sudah banyak dilakukan (Kaars & Dam, 1995; Dam et al., 1996; Kaars & Dam, 1997; Hidayat, 2010; Fajrina et al., 2016; Safrina et al., 2014), namun tidak ada yang membahas keberadaan alga yang dapat menggambarkan perubahan lingkungan pada lokasi tersebut. Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan, maka penelitian ini perlu dilakukan untuk menggambarkan bagaimana perubahan kondisi lingkungan

berdasarkan analisis alga yang ada pada endapan *sag pond* di Cekungan Bandung.

## MATERIAL DAN METODE

Penelitian ini bertujuan untuk melihat kandungan alga dari endapan *sag pond* di Utara Cekungan Bandung. Lokasi tersebut berada pada koordinat  $6^{\circ} 49' 6,2''$  LS dan  $107^{\circ}$

$35' 31,2''$  BT yang merupakan titik bor (simbol bintang) penelitian ini (Gambar 1). Lokasi penelitian berada di daerah Cihideung, Lembang, Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Penelitian ini dilaksanakan pada Januari hingga Mei 2018.



**Gambar 1.** Peta lokasi penelitian daerah Lembang, Jawa Barat

Sampel diambil menggunakan bor tangan dari permukaan hingga kedalaman 240 cm. Kemudian sampel tersebut diidentifikasi ukuran butirnya berdasarkan skala *wentworth* dan dibagi ke dalam beberapa kelas berdasarkan halus kasarnya ukuran butir sedimen (Wentworth, 1922). Selanjutnya bagian *sag pond* dipreparasi dengan interval 5 cm dari kedalaman 172,5 cm sampai 56,5 cm (Tabel 1). Preparasi sampel dilakukan menggunakan metode asam untuk mengekstrak palinomorfof yang ada pada endapan *sag pond* (Moore & Webb, 1978; dimodifikasi oleh

Setijadi & Rahardjo, 2005; Setijadi, 2008; Setijadi & Suedi, 2011). Metode tersebut meliputi langkah-langkah perendaman dengan berbagai cairan kimia yaitu HF 40%, HCl 10%, KOH 10%, alkohol 70%, HCl 10% panas, HNO<sub>3</sub> 10% panas, dan terakhir KOH 10% panas (Setijadi, Suwardi, Suedy, & Agung, 2010; Akyol, Alcitepe, & Ozdemir, 2012; Mikaf, 2013; Azizah, Suedy, & Prihastanti, 2016; Sarah, Suedy, & Hastuti, 2017).

**Tabel 1.** Sampel penelitian *sag pond* bor tangan pada kedalaman 56,5 cm hingga 172,5 cm

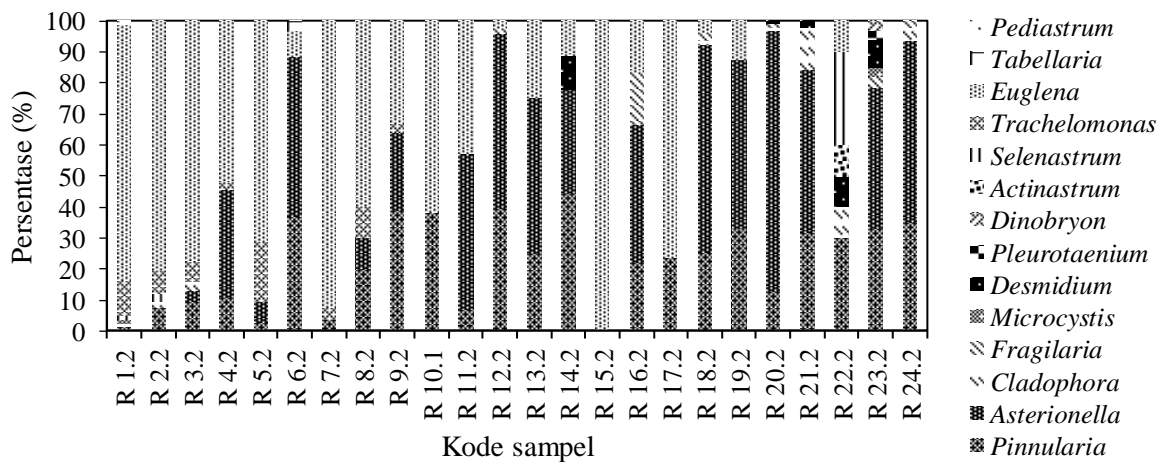
Kode sampel	Kedalaman (cm)	Kode sampel	Kedalaman (cm)
R.1.2	172,5–171,5	R.13.2	112,5–111,5
R.2.2	167,5–166,5	R.14.2	107,5–106,5
R.3.2	162,5–161,5	R.15.1	102,5–101,5
R.4.2	157,5–156,5	R.16.2	97,5–96,5
R.5.2	152,5–151,5	R.17.2	92,5–91,5
R.6.2	147,5–146,5	R.18.2	87,5–86,5
R.7.2	142,5–141,5	R.19.2	82,5–81,5
R.8.2	137,5–136,5	R.20.2	77,5–76,5
R.9.2	132,5–131,5	R.21.2	72,5–71,5
R.10.1	127,5–126,5	R.22.2	67,5–66,5
R.11.2	122,5–121,5	R.23.2	62,5–61,5
R.12.2	117,5–116,5	R.24.2	57,5–56,5

Preparat yang telah tersedia, selanjutnya dianalisis untuk diidentifikasi alga yang ada pada preparat menggunakan mikroskop binokular Olympus CX-22. Identifikasi dan determinasi alga dilakukan dengan melihat ciri morfologi dari Bellinger dan Sigeo (2010), serta Wehr et al. (2015). Selanjutnya, alga yang telah teridentifikasi dikelompokkan berdasarkan karakteristik lingkungannya dan dibandingkan untuk melihat bagaimana perubahan lingkungan *sag pond* Cekungan Bandung (Zielinski, Gersonde, Sieger, &

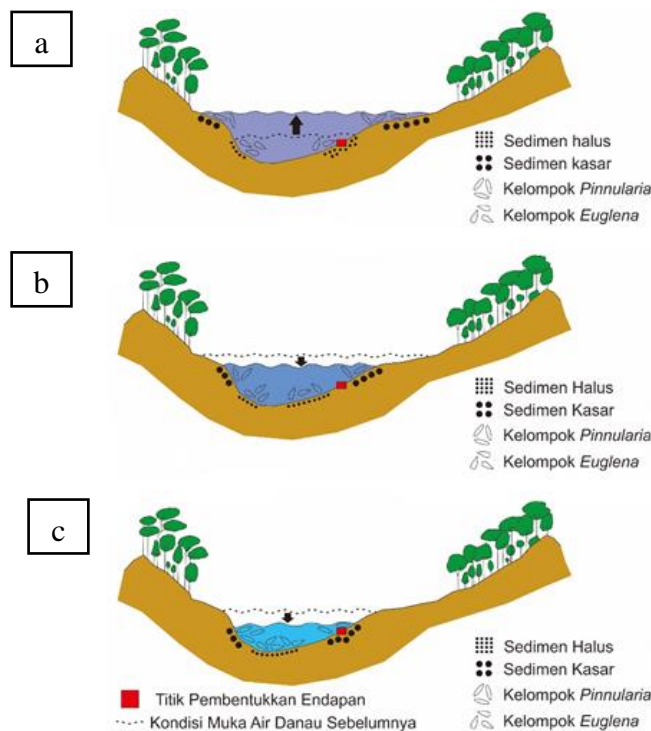
Ftitterer, 1998; Abdur, Siew-Moi, & Azmi, 2010; Goldenberg & Lehman, 2012).

**HASIL**

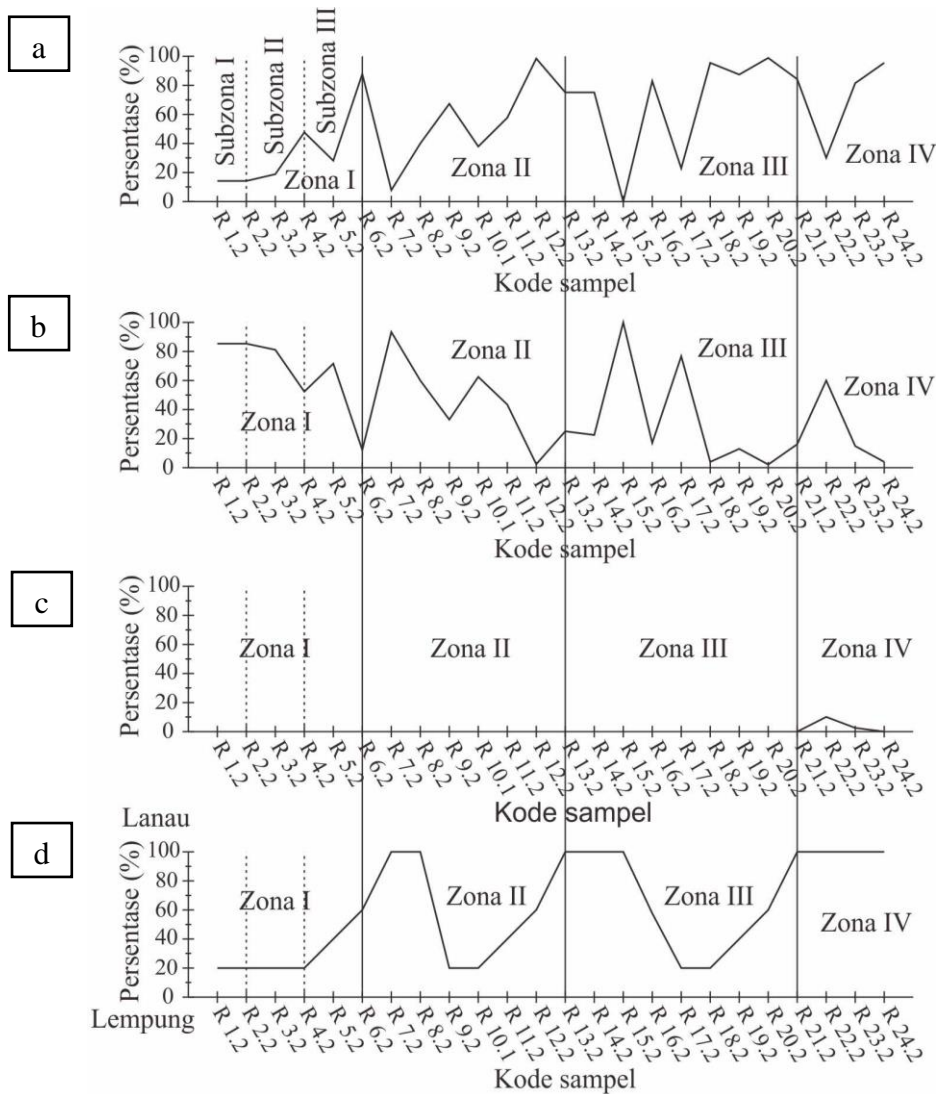
Hasil penelitian menunjukkan sampel memiliki ukuran butir yang beragam mulai dari lanau hingga lempung. Pada sampel terdalam R 1.2 ukuran butir tergolong lempung dan terus bertransisi hingga sampel R 7.2 yang memiliki ukuran butir lanau, kemudian sampel menghalus secara drastis pada sampel R 9.2. Perubahan ukuran butir tersebut terus berulang hingga sampel termuda R 24.2 yang memiliki ukuran butir lanau (Gambar 3d).



**Gambar 2.** Distribusi alga endapan *sag pond* Danau Bandung



**Gambar 4.** Model perkembangan *sag pond* lokasi penelitian: *Euglena* dominan, air tercemar (a), *Euglena* dan *Pinnularia* bertransisi, air mulai normal (b), dan *Pinnularia* dominan, air normal (c)



**Gambar 3.** Diagram perbandingan kelompok alga dan ukuran butir sampel penelitian; diagram perubahan persentase kelompok *Pinnularia* sampel penelitian (a), diagram perubahan persentase kelompok *Euglena* sampel penelitian (b), diagram perubahan kelompok lainnya sampel penelitian (c), serta diagram perubahan persentase lanau dan lempung sampel penelitian (d)

Alga yang ditemukan dalam penelitian ini melimpah hampir di semua sampel yang terdiri dari 14 genus mulai dari genus dari perairan dangkal sampai perairan yang lebih dalam. Alga yang mendominasi sampel pada daerah ini, yaitu genus *Pinnularia*, *Asterionella*, dan *Euglena*. Masing-masing alga tersebut hadir pada kondisi lingkungan danau berbeda-beda yang akan memperlihatkan kondisi lingkungan saat alga tersebut terpreservasi. Alga yang ditemukan pada setiap sampel yang ada di lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.

## PEMBAHASAN

Genus yang ditemukan di lokasi penelitian dapat dikelompokkan menjadi 3

kelompok. Kelompok pertama adalah kelompok *Pinnularia*, kelompok ini terdiri dari alga *Pediastrum*, *Trachelomonas*, *Fragilaria*, *Asterionella*, dan *Pinnularia* (Cantonati & Lowe, 2014; Coletti, Basso, & Corselli, 2018). Alga dari kelompok *Pinnularia* ini hidup pada lingkungan perairan dangkal (0–100 cm) dengan kondisi air normal dan kaya nutrisi, artinya kondisi perairan pada saat kelompok *Pinnularia* berkembang adalah keadaan perairan yang tidak tercemar (Round, 1964; Yamamoto & Nakahara, 2009; Weckstrom, Yliniemi, & Korhola, 2010; Bellinger & Sigee, 2010; Whitney & Mayle, 2012; Alves-da-Silva, Cabreira, Voos, & Lobo, 2013). Kelompok kedua adalah kelompok *Euglena*, kelompok ini terdiri dari genus



*Tabellaria*, *Selenastrum*, *Pleurotaenium*, *Desmidiium*, *Microcystis*, *Cladophora*, dan *Euglena*. Alga kelompok ini hidup pada lingkungan perairan dalam (>100 cm) dan kondisi air yang berbau akibat tercemarnya perairan tersebut (Round, 1964; Flower & Battarbee, 1985; Oppenheim & Ellis-Evans, 1989; Solari, Donagh, & Ruiz, 2002; Valente & Gomes, 2007; Bellinger & Sigeo, 2010). Kelompok terakhir merupakan kelompok lainnya yang terdiri dari *Acrinastrum* dan *Dinobryon*. Alga ini dipisah dari kedua kelompok tersebut karena kondisi hidupnya yang tidak signifikan atau dapat masuk ke dalam kedua kelompok tersebut (Round, 1964; Bellinger & Sigeo, 2010).

Hasil alga yang didapatkan pada lokasi penelitian kemudian dikelompokkan menjadi 3 subzona, dapat dilihat adanya *trend* alga yang dapat dibandingkan dengan ukuran butir sampel (Gambar 3). Lokasi penelitian telah mengalami 4 zona perubahan kondisi lingkungan danau yang membentuk siklus atau pola tertentu yang terbagi kembali menjadi 3 subzona. Perubahan tersebut dimulai dengan rendahnya kelompok *Pinnularia* dan tingginya kelompok *Euglena* dengan kondisi ukuran butir yang halus yang disebut subzona 1. Pada bagian akhir setiap zona ditandai dengan meningkatnya kelompok *Pinnularia* dan menurunnya kelompok *Euglena* dengan kondisi ukuran butir semakin kasar yang disebut subzona 3 (Gambar 3).

Pada subzona 1 (Gambar 4.1), meningkatkan *Euglena* menunjukkan kondisi danau yang berada pada titik maksimum. Hal tersebut ditandai juga dengan sedikitnya kehadiran kelompok *Pinnularia*. Dominansi kelompok *Euglena* pada titik ini menunjukkan kondisi air yang cukup tercemar (Flower & Battarbee, 1985; Oppenheim & Ellis-Evans, 1989; Solari et al., 2002; Valente & Gomes, 2007). Tercemarnya air merupakan pengaruh dari kondisi sedimentasi tinggi yang terjadi sebelumnya, sehingga lokasi penelitian pada titik ini masih tidak stabil dan mengalami pencemaran (Rochyatun, Kaisupy, & Rozak, 2006; Pamuji, Muskananfolo, & A'in, 2015), hal tersebut dapat dilihat dari perubahan ukuran butir yang sangat signifikan dari kasar menjadi halus.

Pada subzona 3 (Gambar 4.3), meningkatnya *Pinnularia* menunjukkan kondisi danau yang berada pada titik minimum. Hal ini didukung dengan menurunnya kehadiran kelompok *Euglena* pada sampel ini. Dominansi kelompok *Pinnularia* menunjukkan kondisi air danau yang cukup normal dan tidak tercemar (Yamamoto & Nakahara, 2009; Weckstrom et al., 2010; Whitney & Mayle, 2012; Alves-da-Silva et al., 2013). Kondisi air normal ini dipengaruhi oleh tingkat sedimentasi rendah sebelumnya, sehingga pada titik ini kondisi air yang ada menjadi lebih stabil dan tidak tercemar oleh berbagai sedimen meskipun semakin lama tingkat sedimentasi semakin tinggi pada akhir suatu zona (Rochyatun et al., 2006; Pamuji et al., 2015). Perubahan kondisi lingkungan mulai dari titik awal dan titik akhir suatu zona dapat digambarkan pada pemodelan berikut ini.

Pada bagian akhir dari zona 4 terlihat bahwa kondisi *Pinnularia* semakin meningkat yang menunjukkan semakin dangkal dan semakin dikitnya pengaruh danau (Gambar 3). Hal ini sangat sesuai dengan kondisi lingkungan sekarang dimana pada lokasi penelitian yaitu Lembang sudah tidak terlihat lagi pengaruh atau jejak danau dan telah berubah menjadi lingkungan darat sepenuhnya (Hidayat, 2010).

## SIMPULAN

Perkembangan lingkungan di suatu wilayah dapat terjadi akibat pengaruh tingkat sedimentasi, hal ini dapat dilihat dari perubahan ukuran butir sedimen dan kandungan alga pada sampel penelitian. Pada lokasi penelitian terjadi empat kali perubahan zona lingkungan berdasarkan fluktuasi kuantitas *Euglena* dan *Pinnularia*. Pada setiap zona, awalnya (subzona 1) ditandai oleh kondisi air tercemar yang ditunjukkan oleh peningkatan kelompok *Euglena* dan ukuran butir halus dari sedimen. Sedangkan pada akhir zona (subzona 3), kondisi perairan menjadi normal yang ditunjukkan dengan adanya peningkatan kelompok *Pinnularia* dan ukuran butir sedimen yang menjadi lebih kasar.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Rektor Universitas Padjadjaran atas pendanaan penelitian melalui

program HIU-RKDU, Tim laboratorium paleontologi Fakultas Teknik Geologi UNPAD dan seluruh pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan dalam penelitian ini.

## REFERENSI

- Abdur, R. A., Siew-Moi, P., & Azmi, A. M. (2010). Depth distribution and ecological preferences of periphytic algae in Kenyir Lake, the Largest Tropical Reservoir of Malaysia.. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 28(4), 856-867. doi: 10.1007/s00343-010-9088-0.
- Akyol, Y., Alcitepe, E., & Ozdemir, C. (2012). The morphological, anatomical and palynological properties of endemic *Haplophyllum megalanthum* Bornm. (*Rutaceae*). *Pakistan Journal of Botany*, 44(3), 1121-1126.
- Althouse, B., Higgins, S., & Zanden, M. J. (2014). Benthic and planktonic primary production along a nutrient gradient in Green Bay, Lake Michigan, USA. *Freshwater Science*, 33(2), 487-498. doi: 10.1086/676314.
- Alves-da-Silva, S. M., Cabreira, J. D., Voos, J. G., & Lobo, E. A. (2013). Species richness of the genera *Trachelomonas* and *Strombomonas* (pigmented *Euglenophyceae*) in a Subtropical Urban Lake in the Porto Alegre Botanical Garden, RS, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 27(3), 526-536. doi: 10.1590/S0102-33062013000300010.
- Awal, J., Tantu, H., & Tenriawaru, E. P. (2014). Identifikasi alga (*algae*) sebagai bioindikator tingkat pencemaran di Sungai Lamasi Kabupaten Luwu. *Jurnal Dinamika*, 5(2), 21-34.
- Azizah, N., Suedy, S. W., & Prihastanti, E. (2016). Keanekaragaman tumbuhan berdasarkan morfologi polen dan spora dari sedimen Telaga Warna Dieng, Kabupaten Wonosobo, Jawa Tengah. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 24(1), 66-75. doi: 10.14710/baf.v24i1.11695.
- Baweja, P., & Sahoo, D. (2015). *Classification of algae*. Dordrecht: Springer.
- Bellinger, E. G., & Sigeo, D. C. (2010). *Freshwater algae identification and use as bioindicators*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Bonilla, S., Villeneuve, V., & Vincent, W. F. (2005). Benthic and planktonic algal communities in a High Arctic Lake: Pigment structure and contrasting responses to nutrient enrichment. *Journal of Phycology*, 41(6), 1120-1130. doi: 10.1111/j.1529-8817.2005.00154.x.
- Cantonati, M., & Lowe, a. R. (2014). Lake benthic algae: Toward an understanding of their ecology. *Freshwater Science*, 33(2), 475-486. doi: 10.1086/676140.
- Chapman, V. J., & Chapman, D. J. (1973). *The algae (2nd ed.)*. London and Basingstoke: The Macmillan Press.
- Coletti, G., Basso, D., & Corselli, C. (2018). Coralline algae as depth indicators in the Sommières Basin (early Miocene, Southern France). *Geobios*, 51(1), 15-30. doi: 10.1016/j.geobios.2017.12.002.
- Dam, M. A., Suparan, P., Nossin, J. J., & Voskuil, R. P. (1996). A Chronology for geomorphological developments in the Greater Bandung Area, West-Java, Indonesia. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 14(1-2), 101-115. doi: 10.1016/S0743-9547(96)00069-4.
- Djaeni, M., Prasetyaningrum, A., & Mahayana, A. (2012). Pengeringan karaginan dari rumput laut *Eucheuma cottonii* pada *spray dryer* menggunakan udara yang didehumidifikasi dengan zeolit alam. *Momentum*, 8(2), 28-34. doi: 10.36499/jim.v8i2.428.
- Douglas, M. S., Hamilton, P. B., Pienitz, R., & Smol, J. P. (2004). Algal indicators of environmental change in Arctic and Antarctic Lakes and Ponds. In R. Pienitz, M. S. Douglas, & J. P. Smol, (Eds.), *Long-term environmental change in Arctic and Antarctic Lakes* (pp. 117-157). Netherlands: Springer.
- Fajrina, D., Winantris., & Fauzielly, L. (2016, October 27-28). *Sejarah perubahan iklim berdasarkan analisis palinologi Daerah Derwati, Bandung, Jawa Barat*. Paper presented at the Seminar Nasional MIPA, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Bandung, Indonesia. Retrieved from <http://pustaka.unpad.ac.id/archives/146849>.
- Flower, R. J., & Battarbee, R. W. (1985). The morphology and biostratigraphy of

- Tabellaria quadrisepitata* (*Bacillariophyceae*) in Acid Waters and Lake Sediments in Galloway, Southwest Scotland. *British Phycological Journal*, 20(1), 69-79. doi: 10.1080/00071618500650081.
- Ghassemi, M. R., Fattahi, M., Landgraf, A., Ahmadi, M., Ballato, P., & Tabatabaei, S. H. (2014). Kinematic links between the Eastern Mosha Fault and The North Tehran Fault, Alborz Range, Northern Iran. *Tectonophysics*, 622, 81-95. doi: 10.1016/j.tecto.2014.03.007.
- Goldenberg, S. Z., & Lehman, J. T. (2012). Diatom response to the whole lake manipulation of a eutrophic urban impoundment. *Hydrobiologia*, 691(1), 71-80. doi: 10.1007/s10750-012-1032-1.
- Han, L. (1997). Spectral reflectance with varying suspended sediment concentrations in clear and algae-laden waters. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 63(6), 701-705.
- Hidayah, R., Harlia., Gusrizal., & Sapar, A. (2013). Optimasi konsentrasi kalium hidroksida pada ekstraksi karaginan dari alga merah (*Kappaphycus alvarezii*) asal Pulau Lemukutan. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 2(2), 78-83.
- Hidayat, E. (2010). Analisis morfotektonik Sesar Lembang, Jawa Barat. *Balai Informasi dan Konservasi Kebumihan LIPI*, 13(2), 83-92. doi: 10.14203/widyariset.13.2.2010.83-92.
- Hoek, C. V., Mann, D. G., & Jahns, H. M. (1995). *Algae: An introduction to phycology*. New York: Cambridge University Press.
- Hubert-Ferrari, A., Avsar, U., Ouahabi, M. E., & Lepoint, G. (2012). Paleoseismic record obtained by coring a sag-pond along the North Anatolian Fault (Turkey). *Annals Of Geophysics*, 55(5), 929-953. doi: 10.4401/ag-5460.
- Kaars, W. A., & Dam, M. A. (1995). A 135,000-year record of vegetational and climatic change from The Bandung Area, West-Java, Indonesia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 117(1-2), 55-72.
- Kaars, S. V., & Dam, R. (1997). Vegetation and climate change in West-java, Indonesia during the last 135,000 years. *Quaternary International*, 37, 67-71. doi: S1040-6182(96)00002--X.
- Kemer, K., Paransa, D. S., Rumengan, A. P., & Mantiri, D. M. (2015). Antibakteri dari beberapa ekstrak pada alga coklat. *Jurnal LPPM Bidang Sains dan Teknologi*, 2(1), 73-81.
- Kepel, R. C., Mantiri, D. M., & Manu, G. D. (2015). Pertumbuhan alga coklat *Padina australis* Hauch di Perairan Pesisir, Desa Kampung Ambon, Kecamatan Likupang Timur, Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal LPPM Bidang Sains dan Teknologi*, 2(2), 78-85.
- Kut, D., Topcuoglu, S., Esen, N., Kucukcezzar, R., & Guven, K. C. (2000). Trace metals in marine algae and sediment samples from The Bosphorus. *Water, Air, and Soil Pollution*, 118, 27-33. doi: 10.1023/A:1005149500870.
- Lewin, R. A. (1995). Symbiotic algae: Definitions, quantification and evolution. *Symbiosis*, 19(1), 31-37.
- McCormick, P. V., & Cairns, J. (1994). Algae as indicators of environmental change. *Journal Of Applied Phycology*, 6, 509-526. doi: 10.1007/BF02182405.
- Medeanic, S. (2006). Freshwater algal palynomorph records from holocene deposits in the coastal plain of Rio Grande do Sul, Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 141(1-2), 83-101. doi: 10.1016/j.revpalbo.2006.03.012.
- Mikaf, F. (2013). Studi morfologi serbuk sari pada beberapa varietas. *Eksakta*, 2, 99-106.
- Moore, K. A., & Webb, P. D. (1978). *An illustrated guide to pollen analysis*. London: Holder and Stought.
- Munifah, I. (2008). Prospek pemanfaatan alga laut untuk industri. *Squalen*, 3(2), 58-62. doi: 10.15578/squalen.v3i2.159.
- Oppenheim, D. R., & Ellis-Evans, J. C. (1989). Depth-related changes in benthic diatom assemblages of a Maritime Antarctic Lake. *Polar Biology*, 9, 525-532. doi: 10.1007/BF00261037.
- Pal, R., & Choudhury, A. (2014). *An introduction to phytoplanktons: Diversity and ecology*. New Delhi: Springer India.



- Pamuji, A., Muskananfolo, M. R., & A'in, C. (2015). Pengaruh sedimentasi terhadap kelimpahan makrozoobenthos di Muara Sungai Betahwalang Kabupaten Demak. *Jurnal Saintek Perikanan*, 10(2), 129-135. doi: 10.14710/ijfst.10.2.129-135.
- Pangestuti, R., & Kim, S.-K. (2011). Biological activities and health benefit effects of natural pigments derived from marine algae. *Journal of Functional Foods*, 3(4), 255-266. doi: 10.1016/j.jff.2011.07.001.
- Parmar, T. K., Rawtani, D., & Agrawal, Y. K. (2016). Bioindicators: The natural indicator of environmental pollution. *Frontiers in Life Science*, 9(2), 110-118. doi: 10.1080/21553769.2016.1162753.
- Makmur, M. (2008). *Pengaruh upwelling terhadap ledakan alga (blooming algae) di lingkungan perairan laut*. Paper presented at the Seminar Nasional Teknologi Pengolahan Limbah VI, Pusat Teknologi Limbah Radioaktif BATAN, Indonesia. Retrieved from [http://www.batan.go.id/ptlr/08id/files/u1/sntpl6/32\\_Murdahayu\\_Makmur.pdf](http://www.batan.go.id/ptlr/08id/files/u1/sntpl6/32_Murdahayu_Makmur.pdf)
- Quamar, M. F. (2015). Non-pollen palynomorphs from the late quaternary sediments of Southwestern Madhya Pradesh (India) and their palaeo-environmental implications. *Historical Biology*, 27(8), 1070-1078. doi: 10.1080/08912963.2014.933212.
- Ramanan, R., Kim, B.-H., Cho, D.-H., Oh, H.-M., & Kim, H.-S. (2016). Algae-bacteria Interactions: Evolution, ecology and emerging applications. *Biotechnology Advances*, 34(1), 14-29. doi: 10.1016/j.biotechadv.2015.12.003.
- Rasmid. (2014). Aktivitas Sesar Lembang di Utara Cekungan Bandung. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 15(2), 129-136. doi: 10.31172/jmg.v15i2.182.
- Rasyid, A. (2004). Berbagai manfaat algae. *Oseana*, 29(3), 9-15.
- Raven, J. A., Giordano, M., Beardall, J., & Maberly, S. C. (2011). Algal and aquatic plant carbon concentrating mechanisms in relation to environmental change. *Photosynthesis Research*, 109(1-3), 281-296. doi: 10.1007/s11120-011-9632-6.
- Rochyatun, E., Kaisupy, M. T., & Rozak, A. (2006). Distribusi logam berat dalam air dan sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane. *Makara Sains*, 10(1), 35-40. doi: 10.7454/mss.v10i1.151.
- Rompis, D. (2009). Pemberdayaan komoditas rumput laut "algae" dan perubahan sosial ekonomi warga desa di Pesisir Pantai Bentean Kabupaten Minahasa Selatan. *Journal of Business and Economics*, 8(2), 165-181.
- Round, F. E. (1964). The ecology of benthic algae. In D. J. Jackson (Eds.), *Algae and man* (pp. 138-184). Boston: Springer.
- Safrina, F., Winantris., & Fauzielly, L. (2016). *Peran penelitian ilmu dasar dalam menunjang pembangunan berkelanjutan: Fluktuasi muka air Danau Bandung Purba, berdasarkan data palinomorff pada Daerah Derwati, Bandung, Jawa Barat*. Paper presented at the Seminar Nasional MIPA, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Bandung, Indonesia. Retrieved from <https://pustaka.unpad.ac.id/archives/146835>
- Sarah, S., Suedy, S. W., & Hastuti, E. D. (2017). Ciri morfologi polen dan spora tumbuhan dari sedimen Rawa Jombor Klaten. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 19(1), 5-12. doi: 10.14710/bioma.19.1.5-12.
- Seckbach, J. (2007). *Algae and Cyanobacteria in extreme environments*. Dordrecht: Springer Science & Business Media.
- Setijadi, R. (2008). Perubahan iklim kala Pliosen - Plistosen Daerah Bumiayu ditinjau dari bukti palinologi. *Dinamika Rekayasa*, 4(2), 61-64. doi: 10.20884/1.dr.2008.4.2.114.
- Setijadi, R., Suwardi., Suedy., & Agung, S. W. (2010). Dinamika vegetasi mangrove holosen Daerah Semarang berdasarkan bukti palinologi. *Dinamika Rekayasa*, 6(1), 9-13. doi: 10.20884/1.dr.2010.6.1.28.
- Setijadi, R., & Suedi, S. W. (2011). Keanekaragaman flora hutan mangrove di Pantai Rembang dan Semarang berdasarkan bukti palinologinya. *Berkala Penelitian Hayati Edisi Khusus*, 7A, 25-28.

- Simpson, E., Koch, R., Heness, E., Wizevich, M., Tindall, S., Hilbert-Wolf, H., ... Steullet, A. (2014). Sedimentology and paleontology of the upper Cretaceous Wahweap formation Sag Ponds adjacent to syndepositional normal faults, Grand Staircase-Escalante National Monument, Utah. *Cretaceous Research*, 50, 332-343. doi: 10.1016/j.cretres.2014.05.001.
- Solari, L. C., Donagh, M. E., & Ruiz, G. (2002). Vertical distribution of phytoplankton in a pampean shallow lake. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 28(3), 1362-1365. doi: 10.1080/03680770.2001.11902678.
- Stevenson, R. J., & Smol, J. P. (2003). Use of algae in environmental assessments. In J. D. Wehr, & R. G. Sheath (Eds.), *Freshwater algae in North America: Classification and ecology* (pp. 775-804). Amsterdam, Boston: Academic Press.
- Syauqi, A. (2017). *Mikrobiologi lingkungan peranan mikroorganisme dan kehidupan*. Yogyakarta: Andi.
- Teheni, M. T., Nafie, N. L., & Dali, S. (2016). Analisis logam berat Cd dalam alga *Eucheuma cottoni* di Perairan Kabupaten Bantaeng. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 4(1), 348-351.
- Valente, T. M., & Gomes, C. L. (2007). The role of two acidophilic algae as ecological indicators of acid mine drainage sites. *Journal of Iberian Geology*, 33(2), 283-294.
- Verbeken, V. G., Geel, B. V., Cocquyt, C., & Verschuren, D. (2011). Modern non-pollen palynomorphs from East African Lake sediments. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 164(3-4), 143-173. doi: 10.1016/j.revpalbo.2010.12.002.
- Weckstrom, K., Weckstrom, J., Yliniemi, L.-M., & Korhola, A. (2010). The ecology of *Pediastrum* (*Chlorophyceae*) in Subarctic Lakes and their potential as paleobioindicators. *Journal of paleolimnology*, 43, 61-73. doi: 10.1007/s10933-009-9314-y.
- Wehr, J. D., Sheath, R. G., & Kociolek, J. P. (2015). *Freshwater algae of North America: ecology and classification (2nd edition)*. London: Elsevier.
- Wentworth, C. K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geology*, 30(5), 377-392. doi: https://doi.org/10.1086/622910.
- Whitney, B. S., & Mayle, F. E. (2012). *Pediastrum* species as potential indicators of lake-level change in Tropical South America. *Journal of Paleolimnology*, 47, 601-615. doi: 10.1007/s10933-012-9583-8.
- Yamamoto, Y., & Nakahara, H. (2009). Daily changes in the spatial distribution of the *Dinoflagellate Peridinium cunningtonii* and the *Euglenoid Trachelomonas hispida* in a Shallow Pond. *Algological Studies*, 131, 103-114. doi: 10.1127/1864-1318/2009/0131-0103.
- Yusri, M. (2016). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi peningkatan pendapatan petani rumput laut di Desa Laikang Kecamatan Mangarabombang Kabupaten Takalar (Skripsi sarjana, UIN Alauddin Makassar, Indonesia). Retrieved from <http://repositori.uin-alauddin.ac.id/id/eprint/6173>
- Zielinski, U., Gersonde, R., Sieger, R., & Ffitterer, D. (1998). Quaternary surface water temperature estimations: Calibration of a diatom transfer function for the Southern Ocean. *Paleoceanography*, 13(4), 365-383. doi: 10.1029/98PA01320.
- Zodape, S. T. (2001). Seaweeds as a biofertilizer. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 60(5), 378-382.