

# ANALISIS FOSIL FORAMINIFERA PADA SEDIMEN LAUT DI SELAT MAKASSAR

## ANALYSIS OF FORAMINIFERA FOSSIL MARINE SEDIMENT IN MAKASSAR STRAIT

Ghina Aghniatus Sholihah<sup>1</sup>, Rina Zuraida<sup>2</sup>, dan Bintang Marhaeni<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto  
Jl. HR Boenyamin 708, Grendeng, Purwokerto Utara, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah 53122

<sup>2</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung  
Jl. Dr. Djunjunan No.236, Husen Sastranegara, Cicendo, Kota Bandung, Jawa Barat 40174  
e-mail : ghinaaghniatussholihah@gmail.com

Diterima tanggal: 14 Mei 2017 ; diterima setelah perbaikan: 7 Agustus 2017 ; Disetujui tanggal: 12 Agustus 2017

### ABSTRAK

Perubahan kondisi suhu dan salinitas permukaan air laut berlangsung dari masa lampau hingga saat ini. Perubahan suhu dan salinitas permukaan laut akan mempengaruhi organisme yang hidup di laut, salah satunya adalah foraminifera. Struktur tubuh foraminifera yang sederhana, sebarannya yang luas serta kemampuannya yang tinggi dalam merespon perubahan lingkungan menjadikan foraminifera berpotensi sebagai bioindikator paleotemperatur relatif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan suhu dan salinitas relatif permukaan laut dengan menggunakan foraminifera sebagai bioindikator. Penelitian ini menggunakan sampel dari Selat Makassar, GLWPL-17 dan GLWPL-21 dengan ketebalan sampel 2 cm dan interval 12 cm. Sebanyak 599,759 individu dari 60 spesies foraminifera meliputi 32 spesies foraminifera bentonik dan 28 spesies foraminifera planktonik. Analisis terhadap 2 spesies foraminifera planktonik bioindikator suhu permukaan laut: *Globigerinoides rubra* dan *Globigerinoides sacculifera*, menunjukkan bahwa suhu permukaan masa lalu relatif lebih rendah dengan perubahan salinitas yang tidak terlalu besar dibandingkan dengan suhu permukaan saat ini yang berkisar 22-29°C dan relatif oligotrofik.

Kata kunci: *Foraminifera*, sedimen laut, Selat Makassar, bioindikator, paleotemperatur permukaan air laut.

### ABSTRACT

Sea surface temperature and salinity is a dynamic parameters, which has variability and changes from time to time since the past up to now. Sea surface temperature and salinity changes will affect marine organisms, one of which is foraminifera. Foraminifera has simple body structure, widely distributed and high ability to respond environmental changes that make foraminifera became potential as a relative paleotemperature bioindicator. The aim of this research is to understanding the relative sea surface temperature and salinity changes by using foraminifera as bioindicator. This research used samples from Makassar Strait, GLWPL-17 and GLWPL-21 with sample thickness of 2 cm and 12 cm intervals. A total of 599,758 individuals from 60 species of foraminifera include 32 species bentonic and 28 species planktonic foraminifera. Analyzed of two species of planktonic foraminifera bioindicator of sea surface temperature: *Globigerinoides rubra* and *Globigerinoides sacculifera*, indicating that the past surface temperature is relative lower with a slight salinity change compared to the current surface temperature ranging from 22-29°C and relatively oligotrophic.

Keywords: *Foraminifer*, marine sediment, Makassar Strait, bioindicator, sea surface paleotemperature.

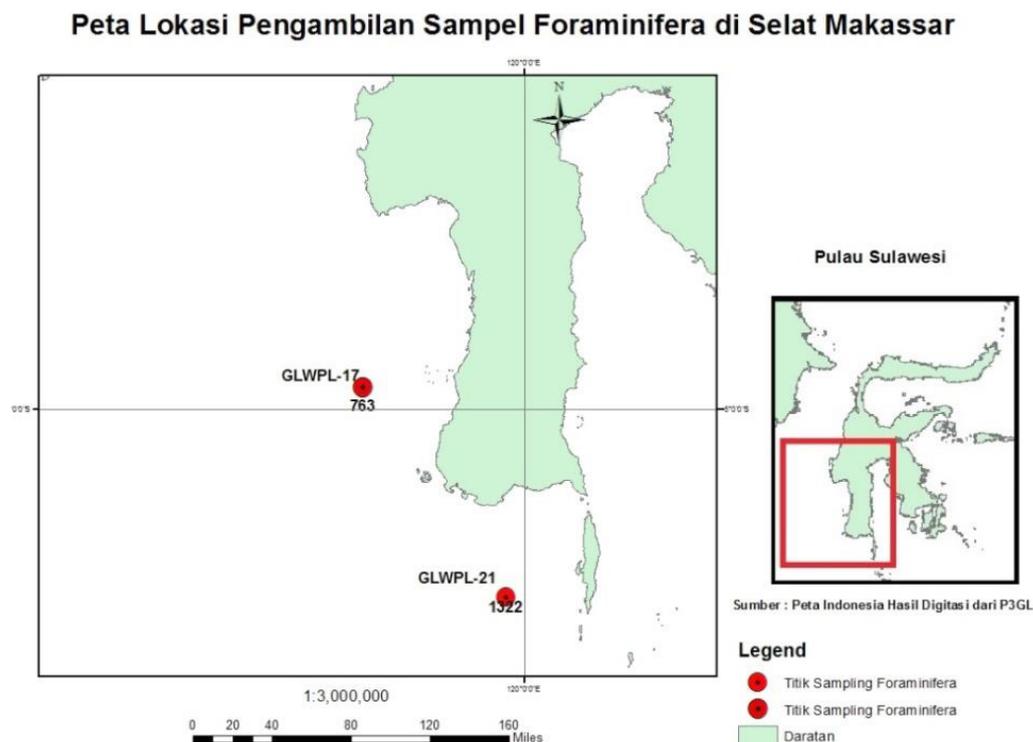
## PENDAHULUAN

Foraminifera merupakan organisme eukariot uniseluler yang hidup di laut. Pada umumnya, foraminifera mensekresi materi cairan mineral sehingga menghasilkan cangkang (*test*) berongga dan menjadi fosil dalam sedimen batuan (Albani, 1979 dalam Puspasari dkk., 2012). Berdasarkan karakteristiknya, foraminifera merupakan bioindikator potensial untuk memahami lingkungan perairan, baik purba (*ancient*) maupun perairan modern (*recent*) (Puspasari dkk., 2012). Salah satu karakteristik yang menonjol adalah struktur tubuhnya yang sederhana dan memiliki cangkang keras, siklus hidupnya yang relatif singkat, sebarannya yang luas di perairan serta kemampuannya yang tinggi dalam merespon lingkungan hidupnya (Nurruhwati dkk., 2012).

Menurut Martin and Maybeck (2006) dalam Rositasari dan Witasari (2011) informasi tentang perubahan lingkungan perairan dan iklim dapat diperoleh dari hasil interpretasi organisme yang ada dalam sedimen, seperti foraminifera. Data penelitian

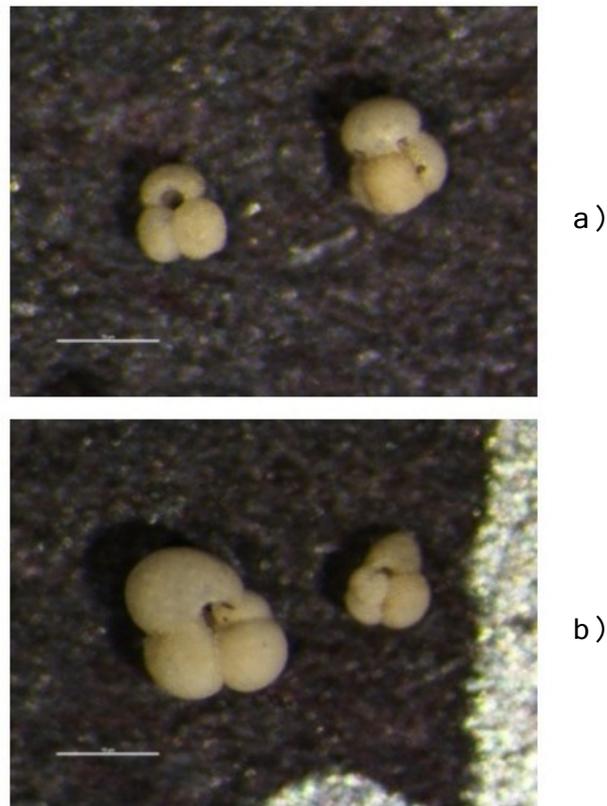
menunjukkan bahwa foraminifera ada di bumi sejak jaman Kambrium, yaitu 540 juta tahun yang lalu. Foraminifera mengalami perkembangan secara terus menerus, dengan demikian spesies yang berbeda ditemukan pada waktu (umur) yang berbeda pula (Puspasari *et al.*, 2012). Sebaran foraminifera sangat dipengaruhi oleh kondisi ekologi, sehingga spesies tertentu akan mencerminkan kondisi ekologi tertentu. Oleh karena itu, foraminifera dapat digunakan untuk mengetahui kondisi ekologi masa lalu (Sen Gupta, 2003). Penggunaan foraminifera untuk mengetahui suhu permukaan laut sudah banyak dilakukan, misalnya untuk mengetahui suhu permukaan laut pada 80.000 tahun terakhir di Laut Banda (Spooner *et al.*, 2005) dan untuk mengetahui suhu permukaan laut di Peru selama 150.000 tahun terakhir (Feldberg and Mix, 2003).

Selat Makassar merupakan salah satu wilayah perairan di Indonesia yang dilalui oleh ARLINDO (Arus Lintas Indonesia) yang membawa massa air dari Samudera Pasifik menuju Samudera Hindia (Permanawati dkk., 2016). Oleh karena itu, sifat dan kondisinya dipengaruhi oleh kedua samudera



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel foraminifera di Selat Makassar (Sumber : Peta Indonesia hasil digitasi oleh tim P3GL).

*Figure 1. Map of foraminifera sampling location in Makassar Strait (Source: Map of Indonesia digitized by P3GL team).*



Gambar 2. Foraminifera planktonik yang digunakan sebagai bioindikator suhu permukaan laut (a) *G. rubra* dan (b) *G. sacculifera*. Sumber: Dokumentasi Pribadi.

*Figure 2. Planktonic foraminifera is used as sea surface temperature indicator (a) G. rubra dan (b) G. sacculifera Source: Personal Documentation.*

tersebut (Natsir dkk., 2015). Kondisi sedimennya juga beragam, mengingat batimetri Selat Makassar yang sangat bervariasi (Wyrki, 196 dalam Natsir dkk., 2015). Karakter sedimen yang tersingkap di bawah permukaan laut dapat digunakan untuk membaca fluktuasi perubahan kondisi lingkungan perairan (Gingele & Deckker, 2001). Menurut Puspasari dkk., (2012) diperkirakan bahwa 30% dari sedimen dasar laut mengandung cangkang foraminifera. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan identifikasi foraminifera dan melakukan analisis bioindikator suhu permukaan laut pada stratifikasi sedimen laut di Selat Makassar.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan terhadap 24 sampel sedimen yang diambil dari Selat Makassar dari 2 stasiun yaitu Stasiun GLWPL-17 pada kedalaman 763 m dan Stasiun GLWPL-21 pada kedalaman 1322 m (Gambar 1.) oleh tim Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi Kelautan (P3GL) pada tahun 2015 dengan Kapal Riset Geomarine III. Sampel diambil dengan

menggunakan gravity corer. Analisis kumpulan foraminifera dilakukan pada tanggal 3 – 28 April 2017 di Laboratorium Petrologi dan Mikropaleontologi P3GL Bandung, Jawa Barat. Core sedimen pada kedua stasiun dibelah menjadi dua bagian yaitu satu bagian digunakan untuk keperluan analisis dan bagian lainnya digunakan sebagai arsip yang disimpan di cold storage Laboratorium Contoh Inti milik Puslitbang Geologi Kelautan (P3GL) di Cirebon, Jawa Barat. Pencuplikan sampel dilakukan dengan interval 12 cm dengan ketebalan 2 cm sepanjang core.

Sebelum diamati, sampel foraminifera dipreparasi dengan melakukan pencucian dan pemisahan sampel dengan pengayakan (*sieving*) menggunakan saringan bertingkat berukuran -0,5; 0; 1; 1,5; 2; 2,5 phi. Setelah pengayakan, dilanjutkan dengan pengeringan pada suhu 40-60 °C selama semalam (Zuraida dkk., 2015). Sampel yang sudah kering diayak kembali untuk mendapatkan sampel foraminifera berukuran > 150 µm (Spooner *et al.*, 2005). Penjentikan dilakukan untuk mendapatkan sekitar 300 spesimen foraminifera (Gustiantini dkk.,

2015). Setelah itu, dilakukan identifikasi mengacu pada Saito *et al.*, (1981), Loeblich and Tappan (1988), dan Postuma (1971).

Kumpulan foraminifera dari suatu daerah mencerminkan hubungan antar spesies yang dipengaruhi oleh faktor ekologi dan kemampuan beradaptasi foraminifera terhadap lingkungannya (Suhartati, 1988 dalam Puspasari *et al.*, 2012). Beberapa faktor yang mempengaruhi distribusi foraminifera antara lain suhu permukaan laut, salinitas, kedalaman termoklin dan suplai nutrisi (Ding *et al.*, 2006). Perbandingan antara suhu dan salinitas dengan kelimpahan foraminifera plankton hidup yang ditangkap dengan *plankton tow* dan fosil yang terdapat dalam sedimen memberikan informasi mengenai kisaran suhu dan salinitas perairan yang mendukung untuk perkembangan foraminifera (Be dan Hutson, 1977). Interpretasi kisaran suhu permukaan laut pada penelitian mengacu pada Ding *et al.* (2006) dan Be dan Hutson (1977).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

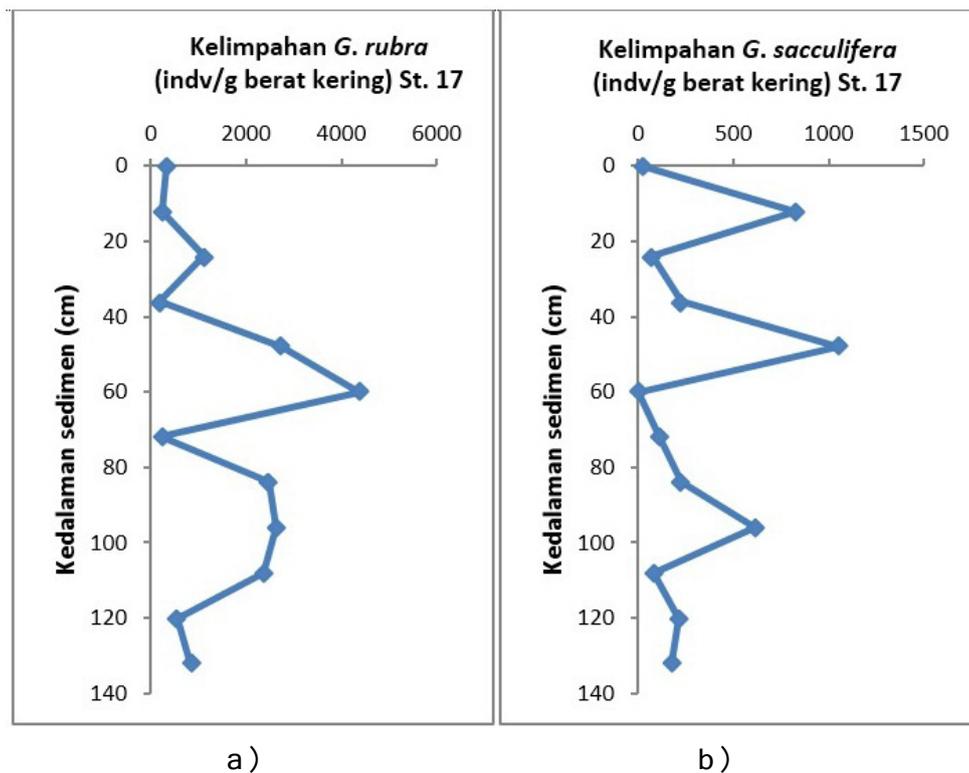
Sebanyak total 599,759 individu dari 24 sampel sedimen yang berasal dari Stasiun GLWPL-17 dan

GLWPL-21 berhasil diidentifikasi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki 60 spesies foraminifera (meliputi 32 spesies foraminifera bentonik dan 28 spesies foraminifera planktonik) yang termasuk dalam 26 genus.

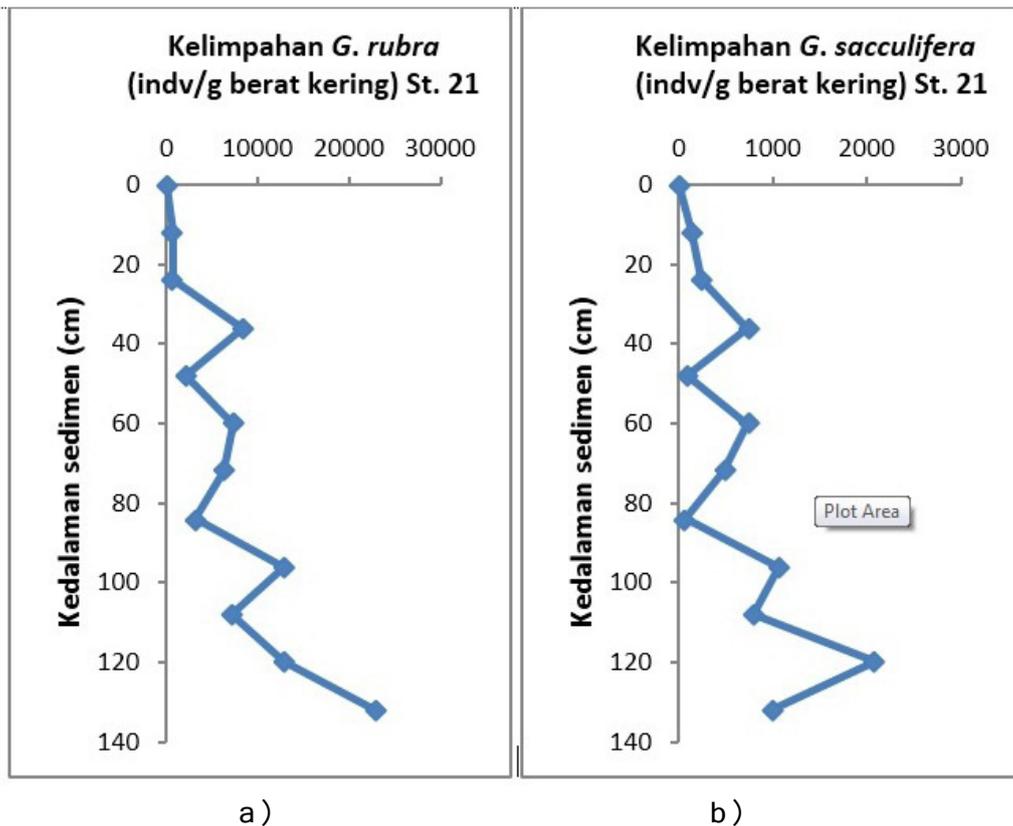
### Suhu Permukaan Air Laut

Analisis suhu permukaan laut masa lalu dilakukan dengan menggunakan *G. rubra* dan *G. sacculifera* (Gambar 2.) yang merupakan spesies foraminifera planktonik yang menghuni perairan hangat (Boltovskoy & Ramil, 1976). Menurut Zaric *et al.* (2005) *G. rubra* dan *G. Sacculifera* memiliki jangkauan toleransi suhu permukaan laut terluas (9,7-31°C), dengan rata-rata suhu permukaan laut sekitar 25 °C (Boltovskoy & Ramil, 1976). Kedua spesies tersebut mencapai kelimpahan tertinggi pada lapisan campuran (*mixed layer*) yang berada pada kedalaman 0-50 m (Regenberg *et al.*, 2006).

*Globigerinoides rubra* merupakan foraminifera planktonik yang hidup di dekat permukaan laut dan mencerminkan temperatur pada musim panas atau hangat (Xu *et al.*, 2008; Gustiantini dkk., 2015) dalam



Gambar 3. Kelimpahan *G. rubra* (a) dan *G. sacculifera* (b) pada Stasiun GLWPL-17.  
Figure 3. Abundance of *G. rubra* (a) and *G. sacculifera* (b) on Station GLWPL-17.



Gambar 4. Kelimpahan *G. rubra* (a) dan *G. sacculifera* (b) pada Stasiun GLWPL-21.  
 Figure 4. Abundance of *G. rubra* (a) and *G. sacculifera* (b) on Station GLWPL-21.

perairan ologitrofik, sedangkan *G. sacculifera* tidak dapat berkembang pada perairan dengan perubahan salinitas yang besar (Ding *et al.*, 2006). Oleh karena itu, kedua spesies diasumsikan dapat mewakili kondisi permukaan laut (Wahyudi, 2001)

Secara umum, kelimpahan *G. rubra* dari 2 stasiun meningkat ke permukaan (Gambar 3 dan 4) dan *G. sacculifera* menunjukkan penurunan kelimpahan ke arah permukaan (Gambar 3 dan 4).

Kelimpahan *G. rubra* dan *G. sacculifera* pada Stasiun GLWPL-17 menunjukkan 3 pola yang berbeda: zona I 0-36 cm; zona II 36-72 cm; dan zona III 72-132 cm. Pada zona I, kelimpahan *G. rubra* rendah sedangkan *G. sacculifera* tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa suhu diperkirakan >24°C dengan perubahan salinitas musiman yang rendah. Zona II dengan kelimpahan *G. rubra* dan *G. sacculifera* yang tinggi menunjukkan bahwa suhu permukaan laut berkisar 22-29°C dengan perubahan salinitas yang relatif rendah. Zona III ditandai dengan kelimpahan *G. rubra* yang relatif tinggi dan *G. sacculifera* rendah. Hal ini diinterpretasikan sebagai suhu permukaan laut relatif berkisar 22-29°C dengan perubahan salinitas yang relatif besar.

Secara umum kelimpahan *G. rubra* dan *G. sacculifera* pada Stasiun 21 menurun ke permukaan (Gambar 4). Pola yang mirip pada kedua spesies menunjukkan bahwa suhu permukaan laut di lokasi ini berkisar 22-29 °C dengan perubahan salinitas yang relatif rendah.

Perbandingan antara kelimpahan *G. rubra* dan *G. sacculifera* antara Stasiun GLWPL-17 dan GLWPL-21 menunjukkan bahwa secara umum suhu permukaan laut GLWPL-17 menunjukkan kecenderungan yang berkebalikan dengan GLWPL-21. GLWPL-17 menunjukkan kecenderungan menghangat ke arah permukaan sedangkan sampel GLWPL-21 menunjukkan kecenderungan suhu mendingin ke arah permukaan.

Perbedaan letak geografis antara Stasiun GLWPL-17 dan GLWPL-21 mengakibatkan perbedaan dalam kelimpahan *G. rubra*. Stasiun GLWPL-17 merupakan salah satu jalur utama ARLINDO (Gordon, 2005), sedangkan Stasiun GLWPL-21 terletak di ambang keluar Dewakang (Permanawati dkk., 2016) yang relatif tenang. Kecepatan arus pada alur Dewakang semakin meningkat ke arah selatan karena adanya

penyempitan selat (Atmadipoera *et al.*, 2016) dengan kecenderungan mengalami *upwelling* pada saat Musim Tenggara (Utama *et al.*, 2017). Rendahnya kelimpahan *G. rubra* pada Stasiun GLWPL-21 diperkirakan berkaitan dengan aktivitas *upwelling* yang menyebabkan turunnya suhu permukaan laut di stasiun ini.

Perbedaan kelimpahan *G. sacculifera* antara Stasiun GLWPL-17 dan GLWPL-21 diperkirakan dipengaruhi oleh salinitas sebagai mekanisme pengendali (Be & Tolderlund, 1971 dalam Prell *et al.*, 1976). Be & Tolderlund (1971) dalam Prell *et al.*, (1976) mengamati bahwa *G. rubra* memiliki frekuensi maksimum pada salinitas lebih besar dari 36,0‰ atau kurang dari 34,5‰, sedangkan *G. sacculifera* memiliki kelimpahan maksimum pada salinitas antara 34,5‰ - 36,0‰.

## KESIMPULAN

Hasil pengamatan kumpulan foraminifera pada Stasiun GLWPL-17 dan GLWPL-21 dari Selat Makassar menunjukkan bahwa foraminifera Selat Makassar terdiri atas 60 spesies *foraminifera* (32 spesies bentonik dan 28 spesies planktonik) yang termasuk dalam 26 genus. Penggunaan *Globigerinoides rubra* dan *Globigerinoides sacculifera* sebagai bioindikator suhu dan salinitas permukaan laut masa lalu menunjukkan terjadinya perubahan suhu dan salinitas relatif di Selat Makassar. Stasiun GLWPL-17 menunjukkan bahwa suhu permukaan laut cenderung menghangat ke arah permukaan dengan perbedaan salinitas yang relatif besar. Stasiun GLWPL-21 menunjukkan kecenderungan suhu permukaan laut yang semakin dingin ke arah permukaan dengan perubahan salinitas yang relatif rendah.

## SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini disarankan bahwa sebaiknya pencuplikan sedimen dilakukan terhadap interval yang lebih rapat, agar didapatkan hasil yang lebih rinci. Selain itu, penting untuk mengetahui data umur sedimen dan data kualitas air di lokasi penelitian sebagai data pendukung untuk menganalisis perubahan suhu permukaan air laut masa lalu.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim peneliti P3GL GLWPL tahun 2015 yang melakukan pengambilan sampel. Penulis juga mengucapkan

terima kasih kepada Kapten dan ABK Kapal Riset Geomarin III. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya ditujukan kepada Kepala P3GL yang mengizinkan penggunaan sampel dan kegiatan analisis sampel. Penulis menghargai bantuan dari dosen dan staf Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Unsoed. Penghargaan yang setinggi-tingginya disampaikan oleh penulis kepada Bernadeta Valentina, S. Kel., atas kerjasama dan bantuannya dalam analisis sampel dan penulis karya tulis ini. Artikel ini telah dipresentasikan di acara Seminar Nasional Kelautan Pada Gelar Riset dan Inovasi Teknologi Kelautan dan Perikanan, 24 - 27 Oktober 2017 di Jakarta.

## DAFTAR PUSTAKA

- Atmadipoera, A. S., Horhoruw, S. M., Purba, M., & Nugroho, D. Y. (2016). Variasi spasial dan temporal ARLINDO di Selat Makassar, *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 8(1), 299-320.
- Be, A. W. H., & Hutson, W. H. (1977). *Ecology of planktonic foraminifera and biogeographic patterns of life and fossil assemblages in the Indian Ocean*, *Micropaleontology*, 23(4), 369-414.
- Boltovskoy, E., & Ramil, W. (1976). *Recent foraminifera. Netherland: The Hague*.
- Ding, X., Bassinot, F., Guichard, F., Li, Q. Y., Fang, N. Q., Labeyrie, L., et al. (2006). Distribution and ecology of planktonic foraminifera from the seas around The Indonesian Archipelago. *Marine Micropaleontology*, 58, 114-134.
- Feldberg, M. J. & Mix, A. C. (2003). Planktonic foraminifera, sea surface temperatures, and mechanisms of oceanic change in the Peru and south equatorial currents, 0-150 ka BP. *Paleoceanography*, 11(1), 1016.
- Gingele, F. X., & Deckker, P. D. (2001). *Finger printing Australia's river clays and the application for the marine record of a rapid climate change*. In: roach i.c. (Ed.) *Advances in Regolith* (pp. 140-143).
- Gordon, A. L. (2005). *Oceanography of the Indonesian Seas and their throughflow*, *Oceanography*, 18(1), 14-27.
- Gustiantini, L., Maryunani, K. A., Zuraida, R., Kissel, C., Bassinot, F., & Zaim, Y. (2015). Distribusi foraminifera di Laut Halmahera dari glasial akhir sampai resen, *Jurnal Geologi Kelautan*, 13(1), 25-36.
- Loeblich, A. R., & Tappan, H. (1994). *Foraminifera of the Sahul Shelf and Timor Sea*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Natsir, S. M., Firman, A., Riyantini, I., & Nurruhwati, I. (2015). Struktur komunitas foraminifera pada sedimen permukaan dan korelasinya terhadap kondisi lingkungan perairan lepas Pantai Balikpapan, Selat Makassar, *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(2), 671-680.
- Nurruhwati, I. (2012). *Evolusi perairan Teluk Jakarta berdasarkan sedimen dan foraminifera*. Disertasi.

- Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Permanawati, Y., Prartono, T., Atmadipoera, A. S., Zuraida, R., & Chang, Y. (2016). Rekam sedimen inti untuk memperkirakan perubahan lingkungan di perairan Lereng Kangean, *Jurnal Geologi Kelautan*, 14(2), 65-77.
- Postuma, J. A. (1971). *Manual planktonic foraminifera*. New York: Elsevier Publishing Company.
- Prell, W. L., James, V. G., Allan, W. H. B., & James, D. H. (1976). Equatorial Atlantic and Caribbean foraminiferal assemblages, temperatures, and circulation: interglacial and glacial comparisons, *Geological Society of America Memoirs*, 145(1), 247-266.
- Puspasari, R., Marsoedi, A. Sartimbul., & Suhartati. (2012). Kelimpahan foraminifera benthik pada sedimen permukaan perairan dangkal pantai timur Semenanjung Ujung Kulon, Kawasan Taman Nasional Ujung Kulon, Banten, *Jurnal Penelitian Perikanan*, 1(1), 1-9.
- Regenberg, D., Dirk, N., Silke, S., Jeroen, G., Dieter, G. S., Ralf, T., et. al. (2006). Assessing the effect of dissolution on planktonic foraminiferal Mg/Ca ratios: evidence from Caribbean core tops. *An electronic journal of the earth. Sciences*, 7(7), 1-23.
- Rositasari, R., & Witasari, Y. (2011). *Kajian paleoklimatik berdasarkan karakteristik mineral dan foraminifera di Pesisir Cirebon, Jawa Barat*, Oseanologi dan Limnologi, 37(1), 19-28.
- Saito, T., Thompson P. R., & Breger, D. (1981). *Recent and Pleistocene Planktonic Foraminifera*. University of Tokyo Press. 190 hal.
- Sen Gupta, B. K. (2003). *Introduction to modern foraminifera dalam Barun K. Sen Gupta (ed), modern foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, Great Britain, 3-6.
- Spooner, M. I., Timothy, T. B., Patrick, D. D., & Martine, P. (2005). *Palaeoceanography of the Banda Sea, and late pleistocene initiation of the Northwest Monsoon*, Global and Planetary Change, 49(1), 28-46.
- Utama, F. G., Atmadipoera, A. S., Purba, M., Sudjono, E. H., & Zuraida, R. (2017). *Analysis of upwelling event in Southern Makassar Strait*, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 54, 012085.
- Wahyudi. (2001). Penentuan umur sedimen laut dan paleotemperatur air permukaan laut berdasarkan perubahan rasio isotop  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  dalam foraminifera, *Jurnal Teknologi Kelautan*, 5(2), 71-80.
- Xu, J., Kuhnt, W., Holbourn, A., Andersen, N., & Bartoli, G. (2008). *Changes in the vertical profile of the Indonesian throughflow during termination II: Evidence from the Timor Sea*, Marine Micropaleontology, 66(1), 208-221.
- Zaric, S. B., Donner, G., Fischer, S., Mulitza, & Gerold. (2005). *Sensitivity of planktonic foraminifera to sea surface temperature and export production as derived from sediment trap data*, Mar. Micropaleont., 55(1-2), 75-105.
- Zuraida, R., Rainer, A. T., Marfasran, H., Eko, T., Luli, G., Nazar, N., et. al. (2015). Penentuan siklus glasial-interglasial terakhir pada sedimen dasar laut kawasan lepas pantai Palabuhanratu, *J. Segara*, 11(2), 93-101.