

KARAKTERISASI BIANG MUTIARA TIRAM (*Pinctada margaritifera*) DARI PERAIRAN PANTAI ARAKAN, SULAWESI UTARA

Cyska Lumenta¹, Revold Monijung², Royke M. Rampengan³,

Prodi Budi Daya Perairan, FPIK-Unsrat
cyskaliu@gmail.com

Abstrak: Biang mutiara pada cangkang tiram *Pinctada margaritifera* ditelaah untuk mengungkapkan keragaman tablet mikro aragonit dan komposisi biomineral penyusunnya. Selain dibutuhkan dalam menentukan spesifikasi tiram ini di perairan pesisir Sulawesi Utara, informasi keragaman tablet mikro aragonit dapat digunakan sebagai dasar pemilihan induk tiram dalam budi daya mutiara. Sebanyak 30 sampel individu tiram dari perairan Arakan dipreparasi biang mutiara pada cangkangnya, dan dianalisis kemudian dengan menggunakan Scanning Electron Microscope dan Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy. Hasilnya menunjukkan tablet mikro penyusun biang mutiara bervariasi menurut ukuran cangkang, setebal 0,36 – 0,90 µm. Ketebalan tablet mikro aragonit ini ditandai maksimal pada individu tiram *Pinctada margaritifera* yang telah berukuran panjang cangkang sebesar 80 – 90 mm. Sementara komposisi biomineral yang terkandung dalam tablet tersebut Ca>Mo>Na>Al>Mg>Se>Fe>Mn>Cr.

Kata kunci: biang mutiara, biomineral, tablet aragonit, tiram.

PENDAHULUAN

Biang mutiara (*mother of pearl*) atau nacre adalah lapisan dalam yang terbentuk alami pada cangkang moluska bivalvia yang hidup baik di lingkungan laut maupun di lingkungan air tawar. Hasil biomineralisasi ini telah dimanfaatkan semenjak sekitar tahun 4500 SM sebagai material dekoratif seperti ditandai dari reruntuhan Bismaya di Mesopotamia (Strack 2006). Mutiara alam dan domestik sebagai hasil budi daya pada hewan kerang atau tiram, tersusun oleh lapisan nacre ini.

Mutiara dari budi daya tiram dihasilkan melalui pencangkokan inti berupa manikan bersumber cangkang dan lembar jaringan mantel dari tiram donor. Jaringan ini tumbuh mengeluarkan nacre yang melapisi inti cangkokan pada tiram penerima. Ketebalan lapisan nacre ini dan kualitas mutiara dalam budi daya tiram mutiara *Pinctada margaritifera* dan *P. maxima*, ditentukan oleh asal tiram, genetik, lokasi budi daya, dan biomineralisasinya (Addadi *et al.* 2006; Taylor & Strack 2008; Jerry *et al.* 2012, Blay *et al.* 2013, Ky *et al.* 2015, Chang *et al.* 2016). Lapisan dimaksud tersusun oleh serangkaian tablet mikro aragonit yang teridentifikasi beragam ukurannya menurut spesies tiram/kerang, ukuran tiram dan lingkungan hidupnya (Ky *et al.* 2016, Le Pabic *et al.* 2016). Tablet mikro ini berukuran rata-rata 44 ± 23 nm (Rousseau *et al.* 2005), sementara menurut Watabe (Debruyne 2014) berkisar 0,2-2 µm. Untuk nacre dan mutiara pada kerang *Anodonta woodiana*, tablet mikro aragonit terukur mencapai 0,720 µm (Lumenta 2012; Lumenta *et al.* 2017). Lebih jauh, menurut Le Pabic *et al.* (2016), ketebalan nacre mutiara budi daya menunjukkan korelasi signifikan dengan ketebalan cangkang *P. margaritifera* yang oleh Ky *et al.* (2017) dinyatakan sebagai tiram mutiara yang memiliki kemampuan khusus untuk menghasilkan mutiara dengan rentang warna terluas di antara semua jenis tiram mutiara.

Tiram *P. margaritifera* yang dijumpai di sejumlah kawasan pesisir Semenanjung Minahasa, Sulawesi Utara, beberapa tahun terakhir ini dibudidayakan untuk menghasilkan mutiara. Sementara perkembangan biang mutiara cangkangnya yang masih terbatas ditelaah

Seminar Nasional Kelautan XIII

" Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir dalam Rangka Mencapai Kemandirian Ekonomi Nasional "

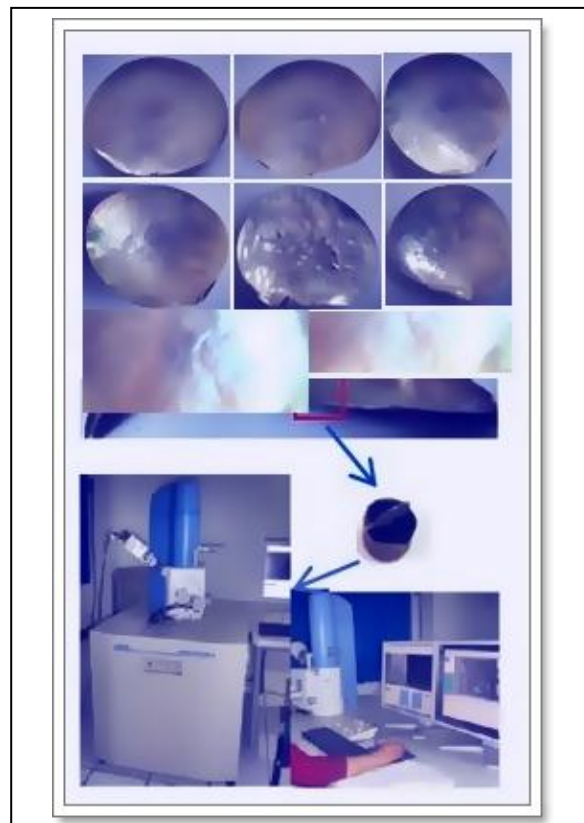
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 12 Juli 2018

selama ini, diawali karakterisasinya untuk tiram *P. margaritifera* dari pesisir Arakan di sekitar Semenanjung Minahasa. Secara khusus, tujuannya adalah menentukan ketebalan tablet mikro aragonit biang mutiara dan komposisi biomineral yang terkandung dalam tablet tersebut.

METODE PENELITIAN

Karakterisasi biang mutiara dilakukan terhadap contoh cangkang tiram yang diperoleh dari hasil penyelaman pada kawasan terumbu karang di pesisir Arakan, Semenanjung Minahasa. Di lokasi yang terletak pada posisi geografis $1^{\circ}22' - 1^{\circ}25' \text{LU} / 124^{\circ}32' - 124^{\circ}35' \text{BT}$, tiram *P. margaritifera* dikumpulkan proporsional ukurannya, dengan bantuan peralatan pisau pengait dan wadah penampung. Seleksi ukuran dan pengukuran morfometrik tiram diikuti pemisahan organ tubuh dan cangkangnya berlangsung di lapangan.

Terhadap cangkang dari sebanyak 30 individu tiram contoh beragam ukuran, telaah di ruang laboratorium diawali dengan pembersihan menggunakan sodium hipoklorit (NaOCl , 5%) yang diikuti dengan pembilasan dan pengeringan. Selanjutnya, prosedur observasi untuk karakterisasi spesimen biang mutiara ditunjukkan Gambar 1 berikut ini.

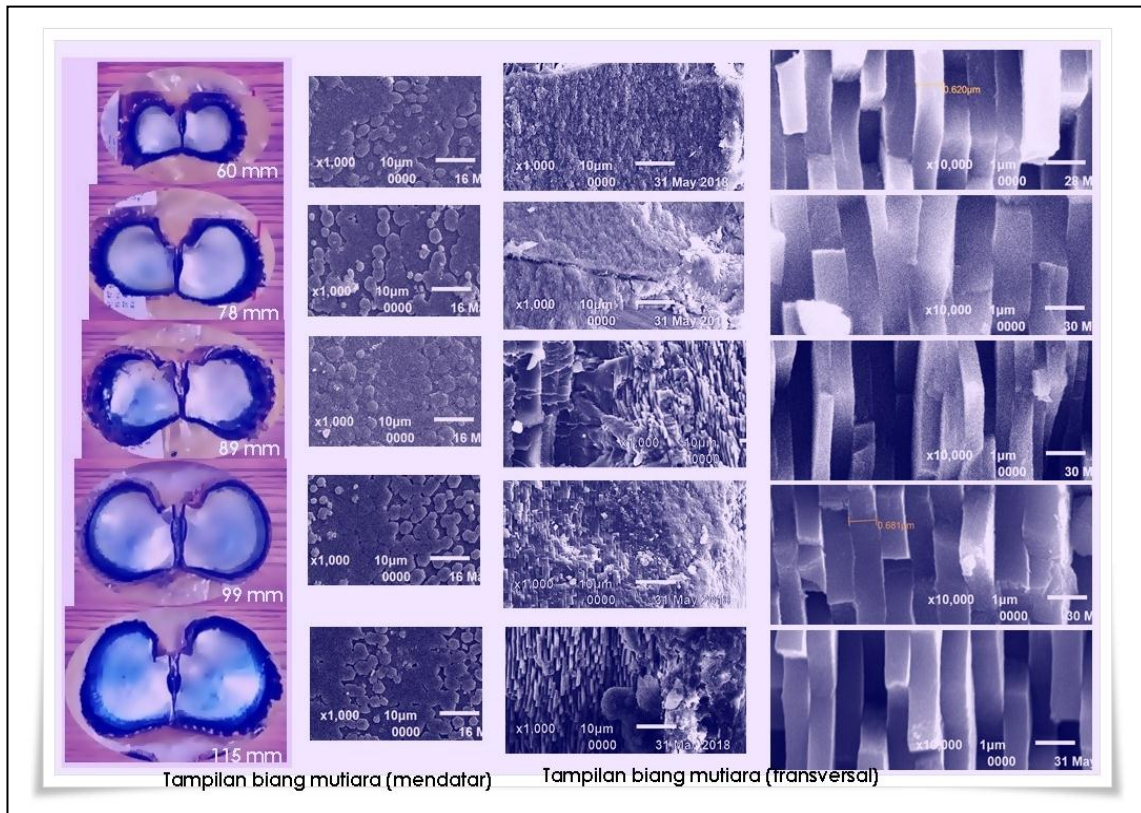


Gambar 1. Karakterisasi spesimen biang mutiara

Instrumen SEM (*scanning electron microscope*) yang dilengkapi EDS (*energy dispersive x-ray spectroscope*) digunakan untuk mengobservasi biang mutiara. Instrumen ini (JSM-6510 LA) mendeskripsikan morfologi spesimen dan berkapasitas memetakan elemen utama yang dikandungnya. Sebagai teknik analisis elemen atau karakterisasi kimia sampel, EDS dimanfaatkan untuk menentukan komposisi elemen mikro biang mutiara. Hasil observasi dan analisis dari instrumen tersebut berupa data citra dan grafik diinterpretasi untuk memenuhi tujuan yang ditetapkan dalam studi ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Biang mutiara yang ditelaah berasal dari individu tiram yang cangkangnya berukuran panjang 60 – 115 mm. Seperti diperlihatkan pada Gambar 2, contoh luasan lapisan dalam cangkang ini mengikuti ukuran cangkangnya. Untuk panjang cangkang tiram yang ditelaah, luas permukaan biang mutiara terukur relatif 187 – 684 mm² dengan rata-rata seluas 385 m² (\pm 176 m²).

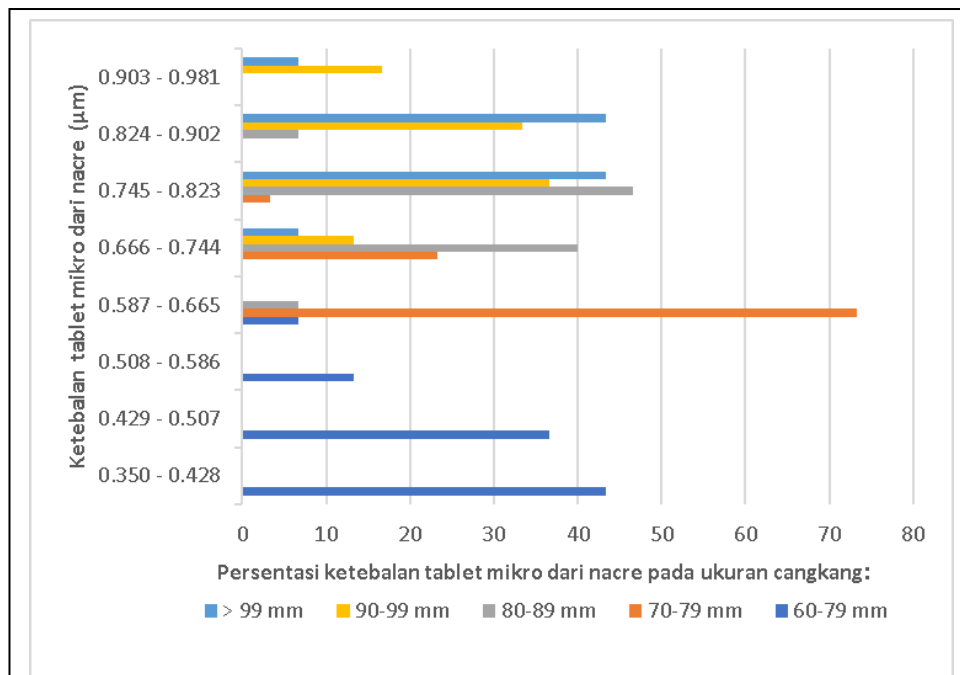


Gambar 2. Biang mutiara tiram *Pinctada margaritifera* dari perairan Arakan

Observasi mikroskopis terhadap tampilan mendatarnya (Gambar 2) menunjukkan lapisan yang bercahaya spesifik ini tersusun dari butiran bergerombol yang dipisahkan oleh semacam ruang kosong. Secara transversal, teramati butiran dimaksud adalah formasi tablet mikro kristal aragonit tunggal yang diantarai semacam rekatan kristal-kristal tersebut. Seperti hasil observasi yang diinformasikan selama ini, strukturnya ibarat dinding batu bata dan plester pengikatnya berupa matriks organik (Addadi *et al.* 2006, Nudelman *et al.* 2008, Rousseau *et al.* 2009, Marie *et al.* 2012).

Ketebalan tablet mikro kristal aragonit lapisan biang mutiara, seperti disajikan Gambar 2, menunjukkan perbedaan ukurannya menurut sebaran ruang biang mutiara yang diobservasi. Demikian juga perbedaan ukuran diperlihatkan menurut ukuran cangkang tiram yang ditelaah. Lebih jauh, hasil pengolahan data observasi dan pengukuran ketebalan tablet mikro ini, disajikan rekapitulasinya pada Gambar 3. Dalam hal ini, ketebalan tablet mikro dari nacre atau biang mutiara terukur 0,357 - 0,904 µm pada cangkang tiram berukuran 60 – 115 mm. Gambar ini juga menginformasikan tablet mikro umumnya berukuran relatif kecil pada cangkang tiram yang berukuran kecil. Hal ini mengungkapkan bahwa perkembangan pembentukan kristal aragonit mengikuti pertumbuhan individu tiram sebagaimana ditunjukkan perubahan ukuran cangkangnya. Informasi lainnya adalah ketebalan tablet mikro aragonit >0,586 µm tampak maksimal pada tiram *Pinctada margaritifera* yang telah berukuran panjang cangkang sebesar

80 – 90 μm . Blank *et al.* (2003) menyatakan dengan mempertimbangkan sejumlah informasi terdahulu, tablet mikro kristal aragonit dari biang mutiara diperkirakan mencapai dewasa atau matang pada ketebalan 0,5 μm .



Gambar 3. Komposisi ketebalan tablet mikro dari biang mutiara tiram *Pinctada margaritifera*

Sebagai bahan komposit anorganik-organik terorganisir yang disekresikan oleh sel epitel jaringan mantel moluska, Addadi *et al.* (2006) menyatakan formasi biang mutiara diprakarsai sel epitel mantel yang mensekresikan prekursor kristal (Ca) serta kalsium karbonat amorf, bersama dengan molekul matriks organik yang sebagian besar terdiri dari protein dan polisakarida. Proses pembentukannya sesuai Kroger (2009) adalah pembentukan lapisan prisma kalsit memanjang yang disusun dengan ketat dalam orientasi tegak lurus terhadap arah pertumbuhan cangkang, diikuti oleh kristalisasi kalsium karbonat yang mengubah kalsit amorf menjadi lapisan aragonit kristal. Matriks organik memainkan peran aktif dalam fungsi-fungsi: organisasi ruang lingkungan mikro mineralisasi, nukleasi kristal, pertumbuhan kristal menurut sumbu kristalografi tertentu, dan menghentikan pertumbuhan kristal (Marie *et al.* 2012). Jadi, matriks protein tidak saja berpartisipasi dalam konstruksi kerangka organik biang mutiara, tapi juga mengontrol nukleasi dan pertumbuhan kristal aragonit, demikian pula menentukan polimorf khusus dari kalsium karbonat biang mutiara (Xie *et al.* 2011). Selain itu, riset terdahulu menandai perkembangan tablet mikro dari biang mutiara pada kerang *Anodonta woodiana* dipengaruhi modifikasi lingkungan wadah budi daya ((Lumenta 2012; Lumenta *et al.* 2017). Meskipun masih membutuhkan dukungan informasi mengunsur, namun hal ini rupanya bersesuaian dengan Furuhashi *et al.* (2009) dan Wojtas *et al.* (2012) yang menyatakan formasi tablet mikro tersebut dipengaruhi juga oleh lingkungan di mana tiram hidup.

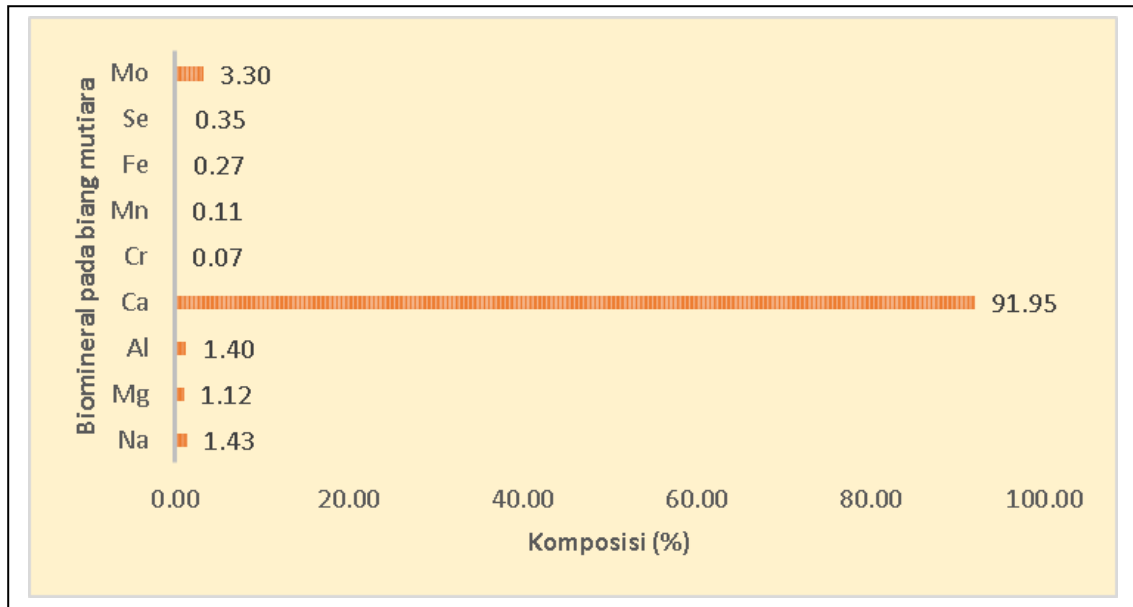
Biang mutiara sebagai hasil kristalisasi kalsium karbonat mengandung elemen biomineral yang didominasi kalsium (Ca) dalam proporsi lebih dari 90%. Dari sebanyak 20 spesimen yang dianalisis menggunakan EDS, proporsi rata-rata elemen biomineral yang terungkap disajikan Gambar 4. Selain elemen kalsium, biang mutiara tiram ditandai tersusun dari tablet-tablet mikro yang mengandung elemen-elemen Mo (molibden), Se (selenium), Fe (besi), Mn (mangan), Cr (krom), Al (aluminium), Mg (Magnesium, dan Na (Natrium). Elemen-elemen serupa ditemukan juga pada biang mutiara dari kerang *Anodonta woodiana* (Chen *et al.* 2017) yang beberapa diantaranya berkontribusi pada tampilan warna-warni biang mutiara. Sementara elemen Al

Seminar Nasional Kelautan XIII

" Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir dalam Rangka Mencapai Kemandirian Ekonomi Nasional "

Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 12 Juli 2018

dalam alumina (Al_2O_3) yang terkristalisasi umumnya berwarna biru pada ruby dan safir (Baron & Torrent 2013), ditandai spesifik berbeda kehadirannya dalam biang mutiara pada kerang *Anodonta woodiana* dari daerah Minahasa (Lumenta & Kalesaran 2017).



Gambar 4. Komposisi biomineral pada biang mutiara tiram *Pinctada margaritifera*

KESIMPULAN

Cangkang tiram *Pinctada margaritifera* dari perairan Arakan dikarakterisasi biang mutiaranya tersusun dari beragam tablet mikro aragonit setebal 0,357 - 0,904 μm . Ketebalan tablet mikro yang bervariasi ini, cenderung maksimal pada tiram yang telah berukuran panjang cangkang sebesar 80 – 90 mm. Mineral yang berkontribusi pada warna-warni biang mutiara didominasi kalsium. Elemen mikro lainnya ditemukan berupa Mo, Na, Al, Mg, Se, Fe, Mn, dan Cr.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini merupakan sebagian dari hasil penelitian fundamental tentang biang mutiara cangkang tiram *Pinctada margaritifera*: keragaman tablet mikro aragonit dan desain koin mutiara yang dibiayai DRPM Ditjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kemenristekdikti melalui LPPM Unsrat, tahun 2018. Terimakasih diucapkan kepada Direktur DRPM dan Ketua LPPM Unsrat yang memfasilitasi kegiatan ini. Ucapan serupa disampaikan kepada operator Laboratorium SEM FMIPA ITB (Ibu Sheila dan rekan) yang membantu karakterisasi biang mutiara.

DAFTAR PUSTAKA

Addadi L, Joester D, Nudelman F & Weiner S. 2006. Mollusk shell formation: a source of new concepts for understanding the biomineralization process. *Chem Eur. J.* 12, 980-987.

Seminar Nasional Kelautan XIII

" Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir dalam Rangka Mencapai Kemandirian Ekonomi Nasional "

Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 12 Juli 2018

- Barron V & Torrent J. Iron, manganese and aluminium oxides and oxyhydroxides. *EMU Notes in Mineralogy* 14(9): 297-336, 2013.
- Blank S, Arnoldi M, Khoshnavaz S, Treccani L, Kuntz M, Grathwohl G & Fritz M. 2003. The nacre protein perlucin nucleates growth of calcium carbonate crystals. *J. of Microscopy* 112 (3): 280-291.
- Blay C, Sham-Koua M, Vonau V, Tetumu R, Cabral P & Ky C-L. 2013. Influence of nacre deposition rate on cultured pearl grade and colour in the black-lipped pearl oyster *Pinctada margaritifera* using farmed donor families. *Aquacult. Int.* 22(2) DOI 10.1007/s10499-013-9719-5.
- Chang EP, Roncal-Herrero T, Morgan T, Dunn KE, Rao A, Kunitake JAMR, Lui S, Bilton M, Estroff LA, Kröger R, Johnson S, Cölfen H & Evans JP. 2016. Synergistic biomineralization phenomena created by a combinatorial nacre protein model system. *Biochem.* 55(16): 2401-2410.
- Chen X, Su Y, Liu H, Jiang, T & Yang J. 2017. Mineral composition variation in the shells of freshwater mussel *Anodonta woodiana* at different growth stages. *J. Invert. Repr.&Dev.*, <http://dx.doi.org/10.1080/07924259.2017.1361475>.
- Debruyne S. 2014. Stacks and sheets: the microstructure of nacreous shell and its merit in the field of archaeology. *Env. Archaeology* 19(2): 153-165.
- Furuhashi T, Schwarzinger C, Miksik I, Smrz M & Beran A. 2009. Molluscan shell evolution with review of shell calcification hypothesis. *Comp. Biochem. Physiol.* B154:351-371.
- Jerry D R, Kvingedal R, Lind CE, Evans B S, Taylor JU & Safari AE. 2012. Donor oyster derived heritability estimates and the effect of genotype x environment interaction on the production of pearl quality traits in the silver-lip pearl oyster, *Pinctada maxima*. *Aquaculture* 338:66-71.
- Kroger N. 2009. The molecular basis of nacre formation. *Science* 325: 1351-1352.
- Ky C-L, Okura, R., Nakasai, S., & Devaux, D. 2016. Quality trait signature at archipelago scale of the cultured pearls produced by the black-lipped pearl oyster (*Pinctada margaritifera* var *cumingi*) in French Polynesia. *J. of Shellfish Res.* 35 (4): 827-835.
- Ky C-L, Le Pabic L, Sham Koua M, Molinari N, Nakasai S & Devaux D. 2015. Is pearl colour produced from *Pinctada margaritifera* predictable through shell phenotypes and rearing environments selections? *Aqua Res.* doi:10.1111/are/12947.
- Le Pabic L, Parrad S, Sham Koua M, Nakasai S, Saulnier D, Devaux D & Ky C-L. 2016. Culture site dependence on pearl size realization in *Pinctada margaritifera* in relation to recipient oyster growth and mantle graft biomineralization gene expression using the same donor phenotype. *Est. Coast & Sh. Sc.* 182(B): 294-303.
- Lumenta C. 2012. Freshwater mussel *Anodonta woodiana* pearl formation through insertion of irritant. Dissertation. Postgraduate Program, Padjajaran University, Bandung (in Indonesian).
- Lumenta C, Mamuaya G, Kalesaran OJ. 2017. Microtablet of nacre layer in freshwater mussel, *Anodonta woodiana* shell. *AAFL Bioflux* 10(4):844-849.
- Lumenta C, Kalesaran O. 2017. Elemen biomineral biang mutiara kerang *Sinodonta woodiana* (Lea, 1834) yang dikultur dalam kolam berbeda. Prosiding Seminar Nasional dan Rapat Tahunan MIPAnet 2017 " Sains untuk Kehidupan"(ISSN: 2598-7291). pp. 493-498.

Seminar Nasional Kelautan XIII

" Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir dalam Rangka Mencapai Kemandirian Ekonomi Nasional "

Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 12 Juli 2018

- Marie B, Joubert C, Tayalé A, Cléon IZ, Belliard C, Piquemal D, Cochenec-Laureau N, Marin F, Gueguen Y & Montagnania C. 2012. Different secretory repertoires control the biomineralization processes of prism and nacre deposition of the pearl oyster shell. *Proc. of the Nat. Acad. of Sc. of the USA*. 109 (51): 20986-20991.
- Nudelman F, Shimoni E, Klein E, Rousseau M, Bourrat X, Lopez E, Addadi L & Weiner S. 2008. Forming nacreous layer of the shells of the bivalves *Atrina rigida* and *Pinctada margaritifera*: an environmental- and cryo-scanning electron microscopy study. *J. Struct. Biol.* 162: 290-300.
- Rousseau M, Meibom A, Gèze M, Bourrat X, Angellier M & Lopez E. 2009. Dynamics of sheet nacre formation in bivalves. *J. Struct. Biol.* 165 (3): 190-195.
- Rousseau M, Lopez E, Couté A, Mascarel G, Smith DC, Naslain R & Bourrat X. 2005. Sheet nacre growth mechanism: A Voronoi mode. *J. Struct. Biol.* 149: 149-157.
- Strack E. 2006. *Pearls*. Ruhle-Diebener-Verlag GmbH & Co, Stuttgart.
- Taylor J & Strack E. 2008. *Pearl Production*. In: *The pearl oyster*, Southgate, P & Lucas, J. (Eds.). Elsevier BV. Oxford. pp. 272-302.
- Wojtas M, Dobryszyci P & Ożyhar A. 2012. Intrinsically disordered proteins in biomineralization. In J. Seto (Ed.): *Advanced topics in biomineralization*. Intech, Rijeka Croatia. pp 3-32.
- Xie LP, Zhu FJ, Zhou YY, Yang C & Zhang RQ. 2011. Molecular approaches to understand biomineralization of shell nacreous layer. In: W.E.G. Müller (Ed.): *Molecular biomineralization aquatic organism forming extraordinary materials*. Progres in Molecular and Subcellular Biology Vol. 52 Springer Heidelberg. pp 331-352.