

Fenomena *Hard Ground* Pada Batu Lempung Kaya Gampingan Formasi Nanggulan, Di Sungai Watupuru, Pegunungan Kulon Progo, Yogyakarta

Siti Nuraini

Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
Jalan Babarsari No.1 Depok, Sleman, D.I.Yogyakarta, Indonesia
siti.nuraini@itny.ac.id

Abstrak

Fenomena *hardground* yang ditemukan di Sungai Watupuru terbagi ke dalam 3 kategori yaitu lapisan *hardground* Briozoa, lapisan *hardground* pecahan cangkang dan lapisan *hardground* kerakal karbonat konglomeratan. Lapisan *hardground* Briozoa adalah lapisan mengandung hewan lumut yang hidup berkoloni pada dasar-dasar laut. Lapisan ini merupakan bagian teratas dari batuan wackestone atau peckstone [13]. Lapisan pecahan cangkang juga sering dijumpai sebagai sisipan pada Formasi Nanggulan yang kaya gampingan. Lapisan *hardground* Briozoa ini dinamakan *hardground* laut yang pada umumnya berasosiasi dengan zona sub-tidal [11][12]. Lapisan *hardground* berikutnya adalah lapisan kerakal karbonat konglomeratan dicirikan oleh butirannya sangat membundar (*well-rounded*), kemas terbuka, tertanam dalam matriks ukuran pasir kasar (2-1 mm). Diameter ukuran butiran-butiran berkisar antara 2 sampai 3 cm dengan keadaan tidak saling bersentuhan.

Semen oksidasi besi yang berwarna coklat kemerahan mengikat butiran-butiran tersebut. Fragment/butiran karbonat konglomerat dahulunya berupa cangkang-cangkang Molluska Bivalve yang mengalami pelarutan, sehingga yang tertinggal hanya berupa cetakan saja. Suasana korosiv sangat terlihat diakibatkan oleh intensivnya pengaruh oksidasi besi selama penyemenan antar fragment-fragment tersebut.

Kehadiran galian fauna yang melintang di permukaan lapisan *hardground* ini merupakan *inchnofasies* Trypanites. Lapisannya sendiri menunjukkan pola pengkasaran ke atas (*coarsening upward* atau gradasi terbalik (*reverse graded bedding*)).

Peristiwa susut laut/ regresi telah dibuktikan oleh penemuan *hardground-hardground* pada Formasi Nanggulan di Sungai Watupuru. Muka laut telah mundur dari kondisi asalnya yaitu zona subtidal ke laut lepas. Masih perlu penelaahan lebih lanjut mengenai peristiwa regresi pada Formasi Nanggulan ini, apakah berhubungan dengan peristiwa tektonisme daerah setempat atau fluktuasi muka laut global (*eustasi*).

Kata kunci : lapisan *hardground*, lapisan, Molluska, cangkang, Formasi Nanggulan, Sungai Watupuru.

Abstract

Hardground phenomena has been documented to the Wapuru River which can be divided to be three categories i.e.: Bryozoa *hardground*, shell debris *hardground*, *hardground* of conglomeratic pebble carbonate. The *hardground* layer of Briozoa indicates as moss fauna, which living as colonial on the sea floor. This layer presence above the upper surface of wackestone/ packstone of carbonate rocks [13]. The shell debris is also commonly found as an intercalation of lithology within carbonate rocks of Nanggulan Formation. Bryozoa *hardground* is known as marine *hardground* which generally associates to sub-tidal zone [11][12]. The following *hardground* of conglomeratic pebble carbonate is indicated by well -rounded grains presents within coarse sand grains of matrix. Diameter of grains between 2 to 3 centimetre is representing an open fabric of grain arrangements.

Reddish brown of iron oxidation acts as grain cementation which bounded all grains together. Conglomeratic fragments of carbonate rock derived from Mollusca shells (bivalve) that ever been existed then dissolved early due to exposure to the surface. Finally, it leaves as cast only. The evidence of horizontal burrowing of Trypanites occurred as well to the *hardground* of conglomeratic pebble carbonate. Its layer shows *coarsening upward* (cu) succession or *reverse graded bedding*.

Regression sea level is proven occurred to the Nanggulan Formation by evidence of *hardground* layers in Watupuru River. The sea level retreat from the beginning subtidal zone to the foreshore zone. It still needed a further study to look closely regarding regression event of Nanggulan Formation, is that relates to local tectonism process or global eustacy.

Keywords : *hardground* layer, layer, Mollusca, shell, Nanggulan Formation, Watupuru River.

1. Pendahuluan

Fenomena *hardground* telah dijumpai pada lapisan batuan kaya gampingan di Formasi Nanggulan yang berumur Eosen Tengah sampai Atas [1] (Gambar 1). *Hardground* mencirikan penyingkapan dasar laut ke permukaan. Lapisan batuan Formasi Nanggulan sendiri banyak mengandung lapisan-lapisan pecahan cangkang yang mencerminkan suatu lapisan *hardground* daerah pasang-surut.

Lapisan hardground Formasi Nanggulan di Sungai Watupuru umumnya berasosiasi dengan tubuh lensa batupasir menengah sampai batupasir halus yang mengandung karbonatan. Berbagai studi telah dilakukan oleh ahli kebumihantropologi dan masa kini menyimpulkan sifat-sifat pengendapan Formasi Nanggulan. Namun penelitian hardground belum pernah dikaji sebelumnya. Hal ini menjadi menarik, mengingat penyingkapan dasar laut berhubungan dengan peristiwa susut laut (regression) yang ditunjukkan oleh peralihan muka laut dari darat menuju ke laut.

Pengendapan Formasi Nanggulan menunjukkan suatu delta yang dipengaruhi oleh arus pasang-surut dan kekuatan badai [2]. Sebagai fasies transisi, interaksi arus pasang-surut telah memodifikasi tubuh delta Nanggulan purba. Sangat memungkinkan sekali penyingkapan dapat terjadi baik secara temporal atau dalam waktu atau umur geologi tertentu. Oleh karena itu, sangat menarik jika penelitian hardground Nanggulan ini dipertajam menggunakan konsep dan pemikiran-pemikiran terbaru.

2. Metodologi

Pengamatan hardground dilakukan pada Formasi Nanggulan di Sungai Watupuru. Hal yang diamati pada hardground meliputi aspek-aspek tekstur batuan sedimen seperti warna, ukuran butir, bentuk butiran, sortasi, kemas dan sementasi. Struktur sedimen meliputi sifat dan karakter peralapisan, kandungan fosilnya beserta galian fauna (*burrowing/ ichnofossil*) (Gambar 2). Secara definisi, karbonat hardground adalah suatu peralapisan yang tersemenkan oleh mineral karbonat, terbentuk bersamaan kejadiannya (*syndimentary*) saat penyingkapan dasar laut. Wilson dan Palmer [3] mendefinisikannya sebagai dasar laut yang mengalami pembatuan. Hardground purba umumnya dijumpai pada batuan karbonat.

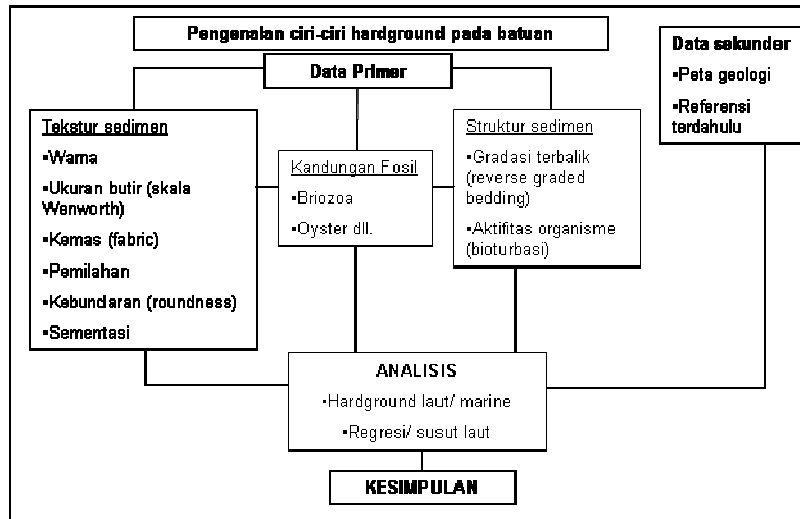
3. Geologi Regional

Formasi Nanggulan telah diendapkan sebagai endapan delta purba sejak umur Eosen Tengah bagian atas sampai Eosen Atas bagian awal [1] atau selama umur Eosen Atas [4]. Di atas Formasi Nanggulan diendapkan Formasi Andesit tua (Old Andesite Formation/ OAF) atau Formasi Sungaigesing dan Formasi Dukuh secara tidak selaras pada umur Oligosen Atas bagian bawah sampai Miosen Bawah bagian tengah (Gambar 3). Formasi Andesit tua ini mencirikan aktifitas vulkanisme daratan yang sangat meningkat terjadi di daerah penelitian. Kejadian berikutnya lingkungan berubah menjadi laut dangkal yang dicirikan oleh pengendapan batugamping Formasi Jonggrangan secara tidak selaras saat peristiwa transgresi umur Miosen Awal bagian atas sampai Miosen Tengah bagian awal. Kemudian secara berangsur, batugamping Formasi Jonggrangan, berubah menjadi Formasi Sentolo sebagai batugamping paparan laut terbuka sampai tepian laut-dalam saat umur Miosen Atas bagian atas sampai Pliosen Bawah [5] (Gambar 1).

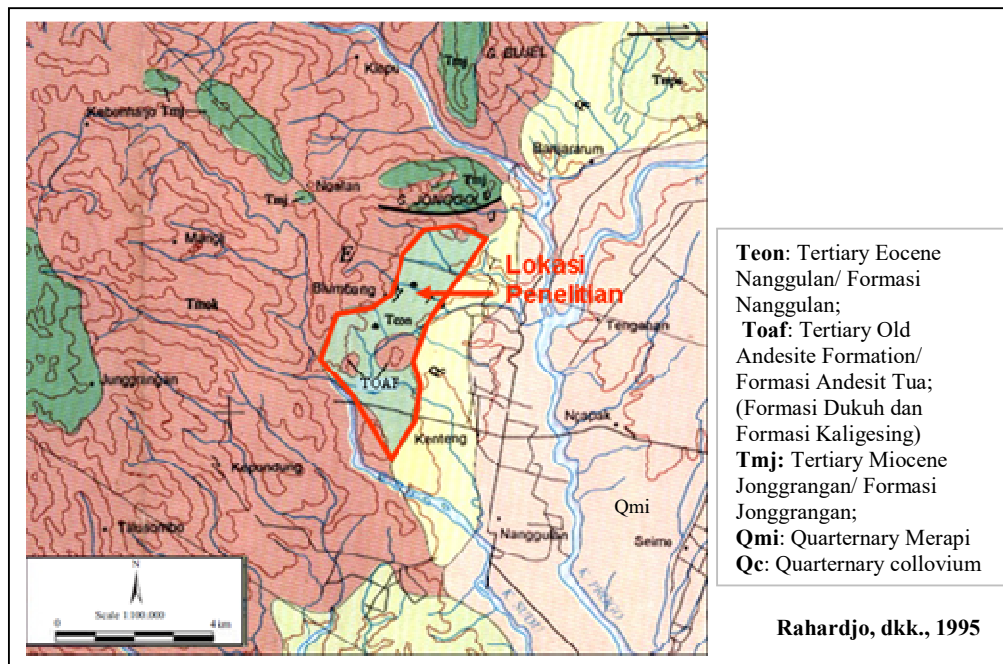
KALA	Zonasi Blow	Von Bemmelen (1949)	Marks (1957)	Rahardjo (1977, 1995)	Letter Zones	
PLIOSEN	NZ3	Aluvial		Vulkanik Kwartar & Aluvial	lg	
	N22					
	N21					
	N20					
	N19					
	N18					
	N17					
	N16					For. Sentolo
	N15					For. Sentolo
	MIOSEN					N14
N13						
N12						
N11						
N10						
N9						
N8		For. Jonggrangan				
N7		For. Jonggrangan				
N6		For. Jonggrangan				
N5		For. Jonggrangan				
OLIGOSEN	N4	For. Andesit tua/OAF	For. Andesit Tua/OAF	For. Andesit Tua/OAF	late Te	
	N3/P22					
	N2/P21					
	N1/P20					
	P19					
	P18					
EOSEN	P17	For. Nanggulan	For. Nanggulan	For. Nanggulan	early Tf	
	P16					
	P15					
	P14					
	P13					
	P12					
	P11					
	P10					
PALEOSEN					Ta	

Gambar 1. Stratigrafi regional daerah Kulon Progo menurut peneliti terdahulu

Sebagai sedimen delta yang paling tua tersingkap di wilayah D.I Yogyakarta, Formasi Nanggulan telah dipelajari sangat intensif oleh kalangan ilmuwan geologi. Dari sisi ilmu stratigrafi/paleontologi, ahli geologi Belanda yaitu Peter Mark sejak tahun 1957 telah membuat klasifikasi zona foraminifera bentonik besar pada Formasi Nanggulan ini (Gambar 1). Kemudian Saputra [6] menggunakan data nannofossil sebagai objek studinya, sedangkan Polhaupessy [7] mempelajari palinologi pada batulempung Formasi Nanggulan. Aspek sedimentologi dan geokimia juga telah digali cukup baik baru-baru ini oleh ahli sedimentologi tanah air [8][9].



Gambar 2. Diagram alir penelitian



Gambar 3. Peta geologi menurut Rahardjo dkk [1]

Kandungan Formasi Nanggulan dapat disimpulkan terdiri atas dominasi batulempung gampingan yang disisipi oleh lensa-lensa batupasir konglomeratan [2], lapisan lignit, lapisan pecahan-pecahan cangkang Molluska (bivalve, gastropoda, oyster dll) atau lapisan kaya akan foraminifera bentonik besar *Discocyclina sp.*, *Lepidocyclina sp.* dll. [10] (Gambar 1). Formasi Nanggulan tersingkap

terbatas di bagian timur Pegunungan Kulon Progo namun kondisi singkapannya cukup baik untuk dipelajari (Gambar 3).

4. Hasil dan Pembahasan

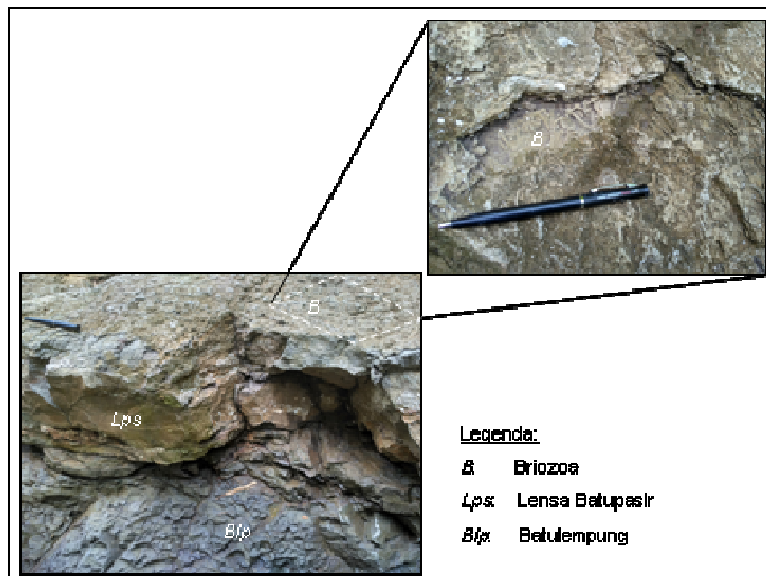
Berdasarkan pengamatan singkapan Formasi Nanggulan di Sungai Watupuru, maka dapat disimpulkan ada 3 katagori hardground yang ditemukan. Ketiganya hadir pada sisipan-sisipan litologi batupasir menengah sampai batupasir halus atau batulanau dalam dominasi batulempung kaya gampingan dari Formasi Nanggulan.

4.1 Lapisan Hardground Laut Briozoa

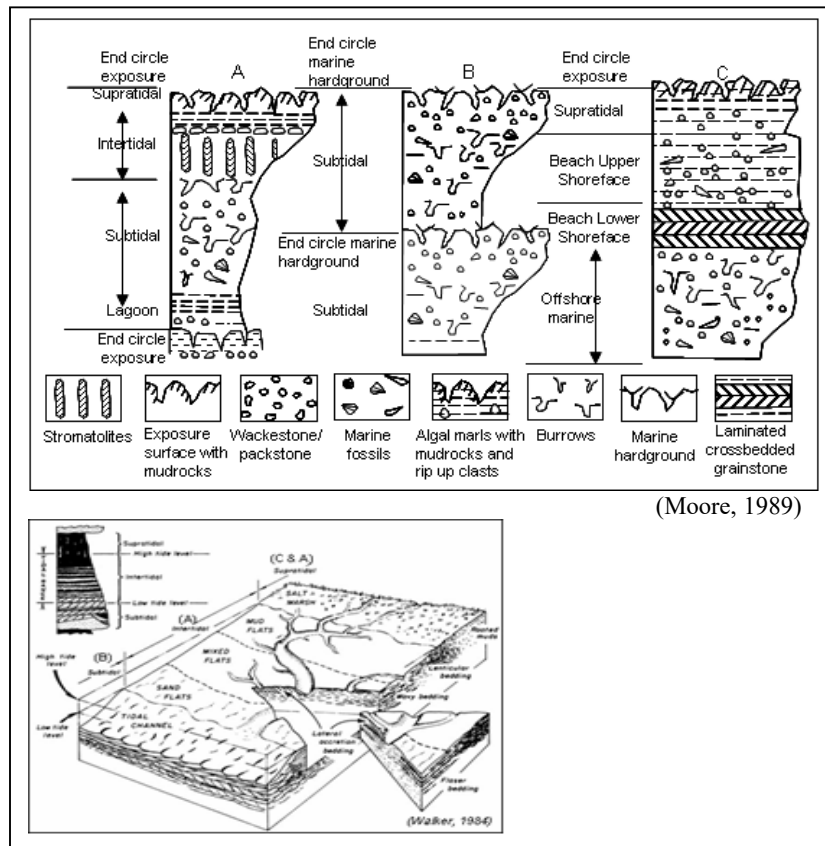
Lapisan hardground yang dijumpai di Sungai Watupuru ditandai kehadiran Briozoa pada lapisan batupasir menengah sampai batupasir halus pada satuan batulempung karbonatan Nanggulan. Briozoa termasuk ke dalam filum hewan invertebrata air dengan nama lainnya bisa Polyzoa, atau Ectoprocta. Masa kehidupannya sendiri sangat panjang dari umur Kambrium sampai Kuartar.

Briozoa menempel pada litologi lebih kasar dari litologi bagian bawahnya. Dengan kata lain lapisan Briozoa ini tumbuh pada permukaan lensa-lensa batupasir yang umum sebagai lithologi sisipan dari Formasi Nanggulan [2]. Cetakan-cetakan fosil Briozoa mengumpul atau membentuk suatu koloni di tempat-tempat tertentu atau bahkan ada yang individu. Briozoa merupakan hewan lumut yang menempel di dasar laut yang mengalami pertumbuhan secara bercabang atau tidak bercabang, terkadang bertumpukan dengan ketebalan antara 2 sampai 3 mm di Sungai Watupuru (Gambar 4).

Lapisan hardground yang dijumpai di Sungai Watupuru menurut Moore [11] merupakan hardground yang bersifat laut (marine hardground) dikarenakan oleh penemuan Briozoa sebagai hewan lumut laut. Kehadirannya sangat umum sebagai lapisan teratas fasies sub-tidal yang menurut Walker [12], zona ini berada pada level rata-rata terendah arus pasang-surut (low tide) sampai batas gelombang badai (storm wave base) (Gambar 5). Litologi yang sangat mendukung dengan model ini mencirikan batugamping wackestone atau packstone dalam klasifikasi Dunham [13] menurut peneliti terdahulu [11]. Pada umumnya lithologi facies sub-tidal ini mencirikan litologi lapisan silang-siur berenergi tinggi berhubungan dengan laut lepas atau *fore shore* [12].



Gambar 4. Lapisan hardground laut Briozoa (b) yang menempel pada lensa batupasir halus sampai batulanau kaya gampingan di Sungai Watupuru



(Moore, 1989)

Gambar 5. Model hardground laut pada zona pasang-surut menurut Moore [11] & Walker [12].

4.2 Lapisan Pecahan Cangkang

Lapisan pecahan cangkang dengan berbagai variasi ketebalan ditemukan di Sungai Watupuru. Tebal lapisan pecahan cangkang ini berkisar antara 3- 5 centimeter menyisip dalam satuan batulempung kaya gampingan. Cangkang-cangkang moluska yang dijumpai diantaranya yaitu Oyster, Bivalve, Gastropoda dll. Pada umumnya cangkang-cangkang yang ditemukan mengalami kondisi rusak, pecah-pecah dan jarang sekali berbentuk utuh (Gambar 6). Hal ini menunjukkan keberadaan cangkang tersebut pada zona berenergi tinggi. Lingkungannya berhubungan dengan fasies subtidal ini berhubungan dengan tidal channel. Lapisan pecahan cangkang ini merupakan suatu wujud permukaan hardground tersendiri pula yang juga ditemukan pada Formasi Nanggulan.



Gambar 6. Lapisan pecahan cangkang di Sungai Watupuru

4.3 Lapisan Kerakal Karbonat Konglomeratan

Kehadiran lapisan kerakal karbonat konglomerat di Sungai Watupuru memiliki ciri warna merah kecoklatan, ukuran butir kerakal (64 - 4 mm; Wentworth scale, 1922), butiran sangat membuldar (*well-rounded*) yang mengandung karbonatan. Diameter ukuran butiran-butirannya berkisar antara 2 sampai 3 cm dengan keadaan tidak saling bersentuhan atau kemas terbuka (*open fabric*). Butiran tertanam dalam matriks ukuran pasir kasar (2 - 1 mm; Wentworth scale, 1922) sehingga buruk keadaan pemilahannya (*poor sorting*). Dalam hal ini semen oksidasi besi yang berwarna coklat kemerahan mengikat butiran-butiran tersebut (Gambar 7- *kk*). Menurut peneliti terdahulu, pengayaan unsur besi (Fe) seperti pada proses penyemenan kerakal karbonat konglomerat di Sungai Watupuru ini merupakan lapisan hardground [14].

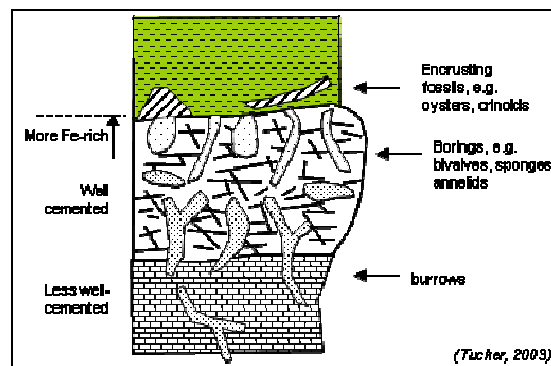
Bentuk butiran yang sangat membuldar (*well-rounded shapes*) pada hardground kerakal karbonat konglomeratan di Sungai Watupuru ini sama seperti apa yang telah dipelajari oleh Bret dkk. [15]. Dahulunya, butiran-butiran kerakal berasal dari cetakan cangkang-cangkang Molluska Bivalve. Proses penyingkapan (*exposure*) ke permukaan menyebabkan cangkang-cangkang awal terlarutkan (*dissolution*) sehingga saat ini yang tertinggal hanya cetakannya saja. Bentuk membuldar ini bukan hasil transportasi seperti yang dipelajari oleh Kay [16] pada dentrit-dentrit karbonat melainkan hasil cetakan cangkang-cangkang Molluska.

Di samping lapisan hardground kerakal karbonat konglomeratan Watupuru dijumpai galian atau burrowing fauna/ organisme secara melintang (Gambar 7-b) yang dinamai *Trypanites* ichnofacies. Kelompok ini merupakan ichnofossil galian rumah bisa berasal dari fauna cacing (*Trypanites*) atau bivalve (*Gostrochaenolites*) atau barnacles (*Rogerella*) atau sponges (*Entobia*) [17]. Diameter galian (burrow) *Trypanites* di Sungai Watupuru berukuran 1,5 cm.



Gambar 7. Kerakal karbonat konglomeratan

Secara litologi jika diperhatikan permukaan hardground kerakal karbonat konglomeratan menunjukkan siklus pengkasaran ke atas/ *coarsening upward* (Gambar 7- *cu*) dengan ketebalan ~25 cm. Terkadang dinamakan juga perlapisan gradasi terbalik (*reverse graded bedding*). Lapisan ini telah dipelajari oleh Tucker [14] sebagai salah satu ciri lapisan karbonat hardground dengan kondisi tersemenan dengan baik terutama oleh mineral oksidasi besi yang ditunjukkan oleh warna kecoklatannya (Gambar 8). Permukaan lapisan hardground memperlihatkan suatu permukaan yang tidak teratur (*irregular surface*).



Gambar 8. Model hardground yang dipelajari oleh Tucker pada batuan yang kaya gampingan [14]

4.4 Diskusi

Fenomena hardground yang dijumpai pada Formasi Nanggulan yang kaya gampingan identik dengan kejadian susutnya muka laut (regression). Lapisan hardground laut telah dicerminkan oleh kehadiran hardground Briozoa dan juga lapisan pecahan cangkang. Kedua lapisan hardground ini mencirikan lingkungan laut zona sub-tidal yang menghadap ke arah laut lepas yang dipengaruhi oleh energi yang kuat. Asosiasi lapisan silang-siur berenergi tinggi berhubungan dengan laut lepas atau fore shore juga umum terjadi pada zona sub-tidal. Pada facies sub-tidal ini pula dinyatakan sebagai zona terendah saat low tide [12]. Litologi hardground utamanya dalam klasifikasi batugamping dinamai wackestone dan peckstone [13]. Lapisan kerakal karbonat konglomeratan juga hadir dekat dengan kedua lapisan hardground tersebut. Permukaan lapisan hardground ini cirinya tidak teratur (irregular surface) yang diakibatkan oleh proses-proses erosi permukaan [11].

Saat pengendapan Formasi Nanggulan telah terjadi penyingkapan muka laut atau regresi melanda zona subtidal. Dengan kata lain, air laut beralih mundur ke arah laut lepas. Dibedakan, jika penyingkapan/ exposure terjadi pada zona supratidal dan subtidal yang memang kedudukannya masih dekat ke daratan [12][18][11] (Gambar 5). Dalam hal ini penyingkapan daratan sudah beralih berada di zona subtidal yang didukung oleh penemuan struktur-struktur sedimen silang-siur penciri arus pasang-surut di dekatnya seperti perlapisan bergelombang, lenticular, flaser, dll. Hal ini telah disimpulkan sebelumnya bahwa pengendapan foreset delta Nanggulan ke arah azimuth N 110-120° E menghadap arah laut lepasnya [19].

Peristiwa regresi atau surutnya muka laut telah terjadi dalam siklus pengendapan Formasi Nanggulan. Kondisi ini masih perlu dilakukan penelaahan lebih lanjut, karena belum dipahami apakah hal tersebut berhubungan dengan tektonisme daerah setempat atau dengan siklus penurunan muka laut eustatik global.

5. Kesimpulan

Fenomena hardground yang ditemukan di Sungai Watupuru terbagi ke dalam 3 kategori yaitu lapisan hardground Briozoa, lapisan hardground pecahan cangkang dan lapisan hardground kerakal karbonat konglomeratan. Lapisan hardground Briozoa adalah lapisan mengandung hewan lumut yang hidup berkoloni pada dasar-dasar laut. Lapisan ini merupakan bagian teratas dari batuan wackestone atau peckstone [13].

Lapisan pecahan cangkang juga sering dijumpai sebagai sisipan pada Formasi Nanggulan yang kaya gampingan. Lapisan hardground Briozoa ini dinamakan hardground laut yang pada umumnya berasosiasi dengan zona sub-tidal [11]. Lapisan hardground berikutnya adalah lapisan kerakal karbonat konglomeratan dicirikan oleh butirannya sangat membundar (well-rounded), kemas terbuka, tertanam dalam matriks ukuran pasir kasar (2-1 mm). Diameter ukuran butiran-butiran berkisar antara 2 sampai 3 cm dengan keadaan tidak saling bersentuhan. Semen oksidasi besi yang berwarna coklat kemerahan mengikat butiran-butiran tersebut. Fragment/ butiran karbonat konglomerat dahulunya berupa cangkang-cangkang Molluska Bivalve yang mengalami pelarutan, sehingga yang tertinggal hanya berupa cetakan saja. Suasana korosiv sangat terlihat diakibatkan oleh intensivnya pengaruh oksidasi besi selama penyemenan antar fragment-fragment tersebut. Kehadiran galian fauna yang melintang di permukaan lapisan hardground ini merupakan inchofasies Trypanites. Lapisannya sendiri menunjukkan pola pengkasaran ke atas (coarsening upward).

Peristiwa susut laut/ regression telah dibuktikan oleh penemuan hardground-hardground pada Formasi Nanggulan di Sungai Watupuru. Muka laut telah mundur dari kondisi asalnya yaitu zona sub-tidal ke laut lepas. Masih perlu penelaahan lebih lanjut mengenai peristiwa regresi pada Formasi Nanggulan ini, apakah berhubungan dengan peristiwa tektonisme daerah setempat atau fluktuasi muka laut global (eustasi).

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis menghaturkan terima kasih kepada pihak-pihak yang banyak membantu dalam studi ini baik dalam pendampingan lapangan atau dalam pembuatan tulisan ini.

Daftar Pustaka

- [1] Rahardjo, W., Sukandarrumidi, Rosidi, H.M.D, 1995. Peta Geologi Yogyakarta, Jawa, skala 1:100,000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

- [2] Nuraini, S., 2017. Geometri Perlapisan Batupasir Konglomeratan Sebagai Sisipan pada Formasi Nanggulan di Kali Watupuru dan Kali Songgo, Pegunungan Kulon Progo, Yogyakarta, *Kurvatek Journal, STTNAS*, v.2/ 2 (November).
- [3] Wilson, M.A.; Palmer, T.J., 1992. *Hardgrounds and Hardground Faunas*, University of Wales, Aberystwyth, Institute of Earth Studies Publications. 9: 1–131.
- [4] van Bemmelen, R.W., 1949. *The Geology of Indonesia*. The Hague, Martinus Nijhoff, vol. IA.
- [5] Pandita, H., Pambudi, S., Winarti, 2006. *Kajian Biostratigrafi dan Fasies Formasi Sentolo di Daerah Guluhrejo dan Ngaran Kabupaten Bantul untuk Mengidentifikasi Keberadaan Sesar Progo*, *Proceesing Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran*, Bandung.
- [6] Saputra, R. Akmaluddin. 2015. *Biostratigrafi Nannofosi; Gampingan Formasi Nanggulan Bagian Bawah berdasarkan Batuan Inti dari Kecamatan Girimulyo dan Kecamatan Nanggulan, Kabupaten Kulon Progo, DI Yogyakarta*
- [7] Polhaupessy, A.A., 2009, *Pollen Paleogen-Neogen dari Daerah Nanggulan dan Karangsembung, Jawa Tengah*, *JSDG*, vol 19, no.5.
- [8] Anshori, A.Z.A., Amijaya, H., 2014. *Proses Pengendapan dan Lingkungan Pengendapan Serpih Formasi Nanggulan, Kulon Progo, Yogyakarta Berdasarkan Data Batuan Inti*, *Proc. Seminar Nasional Kebumian ke-7, Jurusan Teknik Geologi, Universitas Gajah Mada*.
- [9] Amijaya, H., Adibah, N., Anshori, A.Z.A., 2016. *Lithofacies and Sedimentation of Organic Matter in Fine Grained Rock of Nanggulan Formation in Kulon Progo, Yogyakarta*, *Journal of Applied Geology*, vol. 1 (2) pp. 82-88.
- [10] Mark, P. 1957. *Stratigraphic Lexicon of Indonesia*. Publikasi Keilmuan No.31. Seri Geologi. Republik Indonesia Kementerian Perekonomian Pusat Djawatan Geologi Bandung. P 101-102
- [11] Moore, Clyde H., 1989. *Carbonate Diagenesis and Porosity, Development in Sedimentology* 46, Elsevier, 338.
- [12] Walker, R. G., 1984. *Facies Models*, *Geoscience Canada*, v.2, 317p.
- [13] Dunham, R.J., 1962. *Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture*. In: *Classification of Carbonate Rocks* (Ed. W.E. Ham), *Am. Assoc. Pet. Geol. Mem.*, 1, 108–121.
- [14] Tucker, M.E., 2003. *Sedimentary Rocks in the Field*, Third Edition, John Wiley and Sons Ltd. England, p 234.
- [15] Brett, C.E., Liddell, W.D., Derstler, K.L., 1983. *Late Cambrian Hard Substrate Communities from Montana/ Wyoming: the Oldest Known Hardground Encrusters*, *Lethaia*, v.16, 281-189.
- [16] Kay, G.M., 1951. *North American Geosynclines*, Memoir no. 48, Boulder, Colorado, Geological Society of America, 143 pp
- [17] Benton, M. J., & Harper, D. A. 1997. *Basic Palaeontology*
- [18] Coe, A.L., Bosence, D.W.J., Church, K.D., Flint, S.S., Howell, J.A., and Wilson, R.C.L., 2003. *The Sedimentary Record of Sea-level Change*: Cambridge, UK, Cambridge University Press, 288.
- [19] Nuraini, S., 2018. *Interpretation of Paleogene Nanggulan Delta Based on Field Observation to the Watupuru and Songgo River, Kulonprogo Mountain, Yogyakarta*, *Regional Seminar FOSI-IAS-SEPM in Gajahmada University of Yogyakarta*.