

## Intensitas Pengaruh Pasang-Surut Dan Pengaruh Badai Pada Model Delta Nanggulan, Pegunungan Kulon Progo, Yogyakarta

Siti Nuraini

Jurusan Teknik Geologi, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : siti.nuraini@sttnas.ac.id

### ABSTRAK

Formasi Nanggulan merupakan satu-satunya sedimen delta purba yang berumur Eosen Tengah, tersingkap di Pegunungan Kulon Progo, Yogyakarta. Dua lintasan pengamatan yang digunakan yaitu Sungai Watupuru dan Songgo merupakan jalur pengamatan singkapan Formasi Nanggulan. Hasil dari observasi lapangan, banyak sekali struktur sedimen penciri arus pasang-surut atau gelombang dijumpai di jalur lintasan tersebut. Energi pasang surut yang hadir menghasilkan 2 fasies pasang surut yaitu fasies tide flat (dataran pasang-surut) dan tide sand bar (gosong batupasir pasang-surut). Fasies tidal flat berasosiasi dengan kehadiran litologi dominan berbutir halus yaitu batulanau menengah, batulanau halus sampai batulempung. Struktur perlapisan batuanannya menunjukkan horisontal atau hampir horisontal. Hal ini ditunjukkan oleh perlapisan heterolitik yaitu laminasi bergelombang (wavy lamination), flaser dan lenticular disertai pula laminasi lempung ganda (double mud layer) dan klastika lempung atau pasir. Lapisan lempung ganda terkadang berasosiasi dengan laminasi atau lapisan yang mencirikan perulangan tebal dan tipisnya irama pengendapan perlapisan. Fasies tide sand bar atau gosong batupasir pasangsurut salah satunya dijumpai di Sungai Watupuru pada batupasir halus sampai menengah abu-abu terang karbonatan. Secara umum ada 3 jenis perlapisan yang dapat dibedakan yaitu perlapisan bersudut curam/ tangen (steeply dipping cross stratification) berada di bagian terbawah, perlapisan silang siur mangkuk (trough cross stratification) berada di bagian tengah dan perlapisan horisontal berada di bagian teratas paket perlapisannya. Di lain pihak, kehadiran struktur sedimen hummocky cross stratification (HCS), permukaan trunkasi/ pemancungan begitu banyak dijumpai di sepanjang Sungai Watupuru dan Songgo. HCS ada yang saling bertumpukan dan berasosiasi dengan lapisan siderit ( $FeCO_3$ ). Trunkasi lapisan akibat adanya erosi umum dijumpai pada pengendapan di daerah yang dipengaruhi oleh gelombang atau badai (wave atau storm). Gelombang atau badai juga sangat berperan dalam memodifikasi tubuh delta Nanggulan.

Kata kunci: Formasi Nanggulan, Sungai Watupuru, Songgo, silang siur, laminasi, lapisan, perlapisan

### ABSTRACT

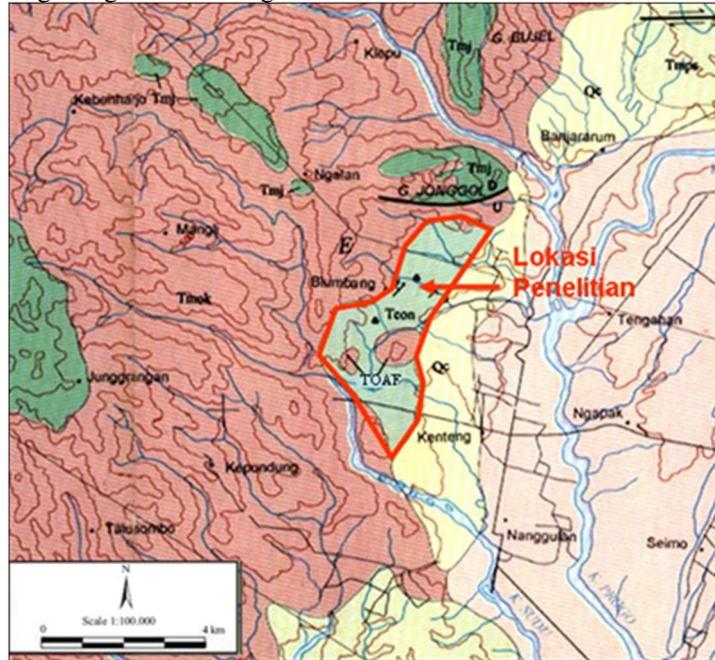
*The Middle Miocene Nanggulan Formation is the only ancient deltaic sedimentation is outcropping to Kulon Progo Mountains, Yogyakarta. Two traverse lines: Watupuru and Songgo Rivers have been used to observe Nanggulan Formation outcrops. From field observation, there are so many tidal to storm sedimentary structures were found along these rivers. The occurrences of tidal energy yields tidal flat and tidal sand bar facies. Tidal flat facies associates with finer lithology such as: medium to fine siltstone and claystone. The sedimentary structure indicates horizontal to slightly horizontal beddings. It characterized by heterolithic beds such as wavy lamination, flaser and lenticular lamination, double mud layer, mud or sand clasts. Double mud layer sometimes associates with the thicker and thinner lamination or bed, which representing a rhythmic of bedding deposition. One example of tidal sand facies in Watupuru River consists of light grey calcareous fine to medium sandstone. In general, there are three bedding characters could be divided (respectively) within the tidal sand bar i.e. steeply dipping cross stratifications are in bottom, trough cross stratifications are in middle and horizontal stratification toward the top. In other hand, the occurrences of hummocky cross stratification (HCS), truncation surface are also found along Watupuru and Songgo Rivers. The stacking pattern of HCS associates with sideritic layer ( $FeCO_3$ ). Truncation surface was caused by erosional process, where common found in the wave/ storm environments. Both wave/ storm and tide energy play important role in modification of the Nanggulan deltaic body.*

*Keywords: Nanggulan Formation, Watupuru, Songgo River, cross stratification, lamination, layer, bedding.*

### 1. PENDAHULUAN

Formasi Nanggulan telah dipercaya sebagai suatu endapan delta purba yang berumur Paleogen (yaitu Eosen Tengah) yang tersingkap di Pegunungan Kulon Progo, Yogyakarta (Gambar 1). Secara umum komposisi Formasi Nanggulan terdiri dari batulempung kaya gampingan sampai tidak gampingan yang berselingan dengan lensa-lensa batupasir konglomeratan, lapisan lignit (batubara muda), nodul-nodul limonit dan siderit,

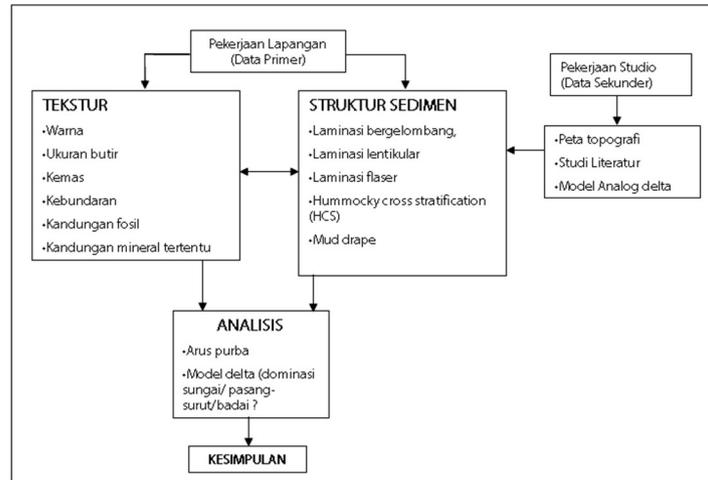
lapisan pecahan-pecahan cangkang moluska (*shell debris*), lapisan foraminifera bentonik besar (*Discocyclina sp.*, *Lepidocyclina sp.* dsb). Para ahli telah menyimpulkan delta Nanggulan ini diendapkan dibawah pengaruh pasang-surut dan fluvial dalam suatu lingkungan estuarina. Penciri arus pasang-surut dapat diobservasi di sepanjang singkapan Formasi Nanggulan. Sedangkan keberadaan fenomena lapisan silang-siur hummocky (*hummocky cross stratification/ HCS*) yang cukup banyak juga dijumpai bersamaan di Sungai Watupuru dan Songgo. Hal ini mencirikan adanya pengaruh energi gelombang/ badai (*wave/ storm*) yang merusak pembentukan tubuh delta Nanggulan itu sendiri (Nuraini, 2018). Kenyataan ini menjadi awal pemikiran seberapa besar intensitas kedua energi penghancur tersebut (pasang-surut dan gelombang) dalam memodifikasi tubuh delta Nanggulan di Pegunungan Kulon Progo.



Gambar 1. Lokasi Penelitian berada di Sungai Watupuru dan Sungai Songgo, Pegunungan Kulon Progo. Teon: Tersier Eosen Nanggulan, TOAF: *Tersier Old Andesite Formation/ Formasi Andesit Tua* (Formasi Dukuh dan Formasi Kaligesing) [8]

## 2. METODE PENELITIAN (10 PT)

Observasi lapangan meliputi pengamatan tekstur sedimen (sortasi, fabrik, ukuran butir, bentuk butiran, jenis butiran, orientasi butiran, ukuran matriks), struktur sedimen penciri arus pasang-surut dan arus gelombang dilakukan melalui lintasan Sungai Songgo dan Sungai Watupuru. Struktur-struktur sedimen tertentu sebagai penciri arus menjadi kunci dalam identifikasi dominan energi penciri arus (Gambar 2).



Gambar 2. Diagram alur penelitian

Daerah Pegunungan Kulon Progo berada dalam zona fisiografi Pegunungan Selatan Jawa [12] atau penamaan lainnya yaitu Cekungan Jawa Tengah bagian Selatan. Arah jurus perlapisannya di lintasan Sungai Songgo dan Watupuru berorientasi timurlaut - baratdaya membentuk antiklin dan sinklin. Patahan mendarat dipercaya melewati Sungai Watupuru oleh peneliti sebelumnya [1] (Gambar 3).

Pada umur Eosen Tengah bagian atas sampai dengan Eosen Atas bagian [12] atau Oligosen Bawah [8], cekungan terisi oleh endapan yang berumur tua yaitu Formasi Nanggulan. Formasi ini mencirikan suatu tubuh delta [8]. Banyak perdebatan yang menganggap Formasi Nanggulan ini sebagai batuan dasar seperti Hartono dan Sudradjat (2017) dari studi geomagnet. Di lain pihak, peneliti lainnya mempercayai masih adanya batuan lain yang lebih tua di bawah Formasi Nanggulan [6]

KALA	Zonasi Blow	Van Bemmelen (1949)	Marks (1957)	Rahardjo (1977, 1995)	Letter Zones				
PLIOSEN	N23	Aluvial		Vulkanik Kwartar & Aluvial	Tg				
	N22								
	N21								
	N20								
	N19								
	N18								
	ATAS					N17	For. Sentolo	For. Sentolo	late Tf
						N16			
	TENGAH					N15	For. Sentolo		middle Tf
						N14			
N13									
N12									
BAWAH	N11	For. Jonggrangan	For. Jonggrangan	early Tf					
	N10								
	N9								
	N8								
OLIGOSEN	N7	For. Andesit Tua/OAF	For. Andesit Tua/OAF	late Te					
	N6								
	N5								
	N4								
ATAS	N3/P22	For. Andesit Tua/OAF	For. Andesit Tua/OAF	early Te					
	N2/P21								
BAWAH	N1/P20	For. Andesit Tua/OAF	For. Andesit Tua/OAF	Tcd					
	P19								
EOSEN	P18	For. Nanggulan	For. Nanggulan	Tb					
	P17								
	P16								
	P15								
	P14								
	P13								
	P12								
TENGAH	P11								
	P10								
PALEOSEN				Ta					

Gambar 3. Stratigrafi regional daerah Pegunungan Kulon Progo menurut peneliti terdahulu.

Di atas Formasi Nanggulan, secara tidak selaras menumpang batuan breksi andesit dari Formasi Andesit Tua (*Old Andesite Formation*) sebagai penciri batuan hasil aktifitas gunungapi purba pada umur Oligosen Bawah sampai Miosen Bawah [12],[8] atau sampai Oligosen Atas (Marks, 1957). Peneliti terdahulu menganggap OAF ini dapat dibagi menjadi dua formasi lagi yaitu Formasi Dukuh dan Kaligesing [8]. Ketika vulkanisme Formasi Andesit Tua telah mereda, cekungan kemudian mengalami transgresi laut yang dicirikan oleh pengendapan batugamping laut dangkal dari Formasi Jonggrangan saat umur Miosen Awal bagian atas sampai Miosen Tengah bagian awal. Hubungan antara OAF dengan Formasi Jonggrangan adalah tidak selaras.

Di atas Formasi Jonggrangan ini ditutupi oleh batugamping paparan laut terbuka sampai tepian laut-dalam Formasi Sentolo pada umur Miosen Atas bagian atas sampai Pliosen Bawah [7] Hubungan antara Formasi Jonggrangan dengan Formasi Sentolo adalah selaras [12] dan menjari [8] sedangkan Mark (1957) menyatakan adanya hiatus (Gambar 3).

### 3. HASIL DAN ANALISIS

Keberadaan struktur sedimen penciri arus pasang-surut (*tide*) dan gelombang/ badai (*wave/ storm*) pada singkapan perlapisan Nanggulan dijumpai di kedua Sungai Watupuru dan Songgo. Struktur sedimen diagnostik penciri arus; baik pasang-surut atau gelombang/badai, dipercaya menjadi kunci dalam menyimpulkan apakah delta Nanggulan dipengaruhi oleh arus pasang-surut atau gelombang. Berikut ini membahas mengenai dua pengaruh arus terhadap pembentukan tubuh delta Nanggulan.

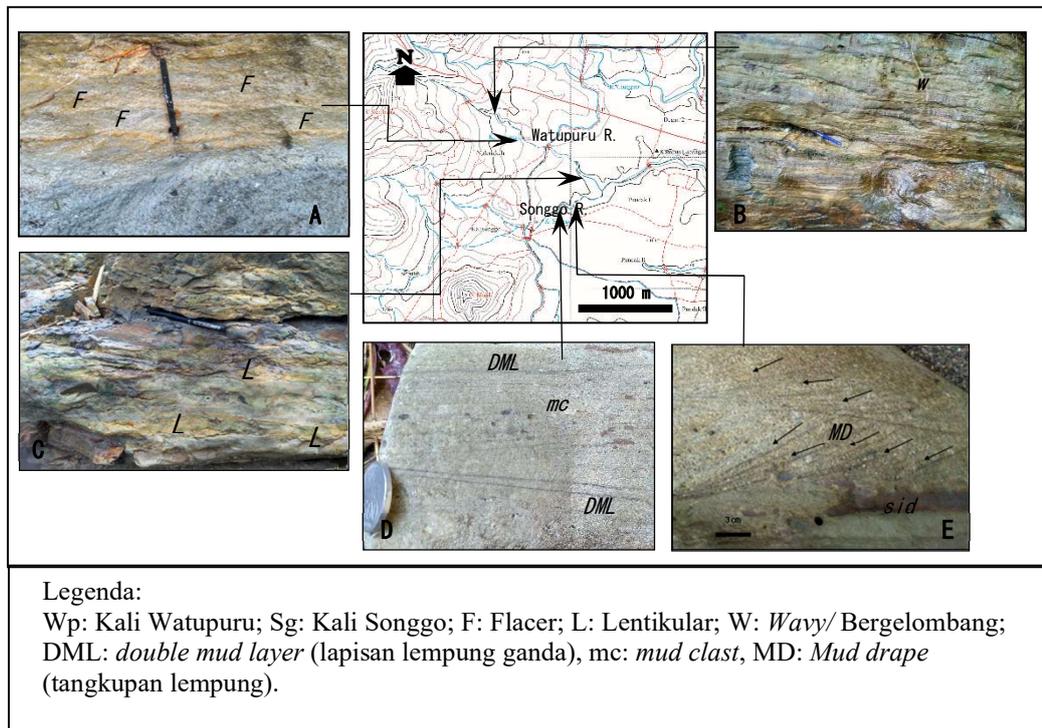
#### 3.1. Pengaruh Arus Pasang-surut (*tide*)

Berbagai kriteria pendukung arus pasang-surut (*tide*) telah dijumpai di sepanjang Sungai Watupuru dan Songgo seperti, struktur tulang ikan (*herring bone*), lapisan lempung ganda (*double mud layer/ Gambar 4D*), tangkupan lempung (*mud drape/ Gambar 4E*), perlapisan heterolitik yang terdiri dari perlapisan bergelombang (*wavy lamination/ Gambar 4A, B, C*), lentikular dan flaser dan klastika lempung (*mud clast/ Gambar 4D*) yang berwarna hitam hadir berasosiasi dengan nodul siderit ( $\text{FeCO}_3$ ) yang berwarna coklat. Dalam hal ini bukti-bukti proses pasang-surut sudah tidak diragukan lagi hadir pada saat pengendapan Formasi Nanggulan yang berumur Eosen Tengah ini. Namun dalam hal ini, perlu dikembangkan pula pembagian fasies-fasies pasang surutnya. Berikut ini, dapat dikelompokkan ada 2 pembagian utama yang dapat disimpulkan yaitu:

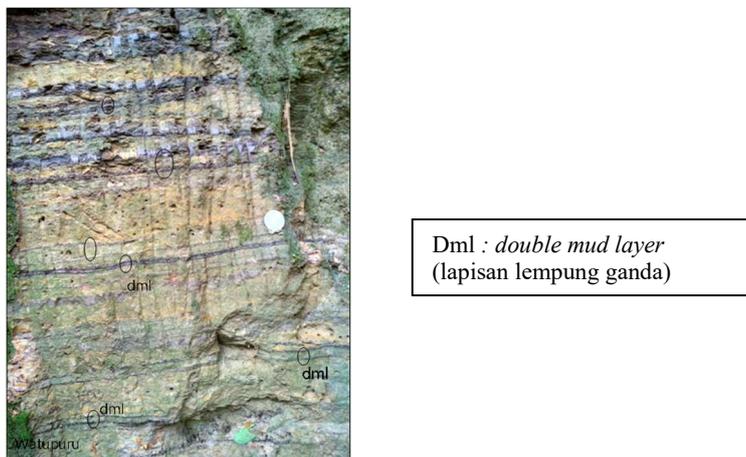
##### 3.1.1 Fasies Tidal Flat (Dataran Pasang-surut)

Fasies tide flat atau dataran pasang-surut berasosiasi dengan kehadiran litologi dominan berbutir halus misalnya batulanau menengah, batulanau halus sampai batulempung. Struktur perlapisan batuanannya menunjukkan horisontal atau hampir horisontal. Hal ini ditunjukkan oleh perlapisan heterolitik yaitu laminasi flaser dan lenticular (Gambar 4A, C), laminasi bergelombang (*wavy lamination/ Gambar 4A, B, C*), disertai pula laminasi lempung ganda (*double mud layer/ Gambar 4D*). Lapisan lempung ganda (*double mud layer*) menunjukkan laminasi atau lapisan yang mencirikan perulangan tebal dan tipisnya irama pengendapan perlapisan berhubungan dengan kedatangan pasang (*flood*) dan surutnya air laut (*ebb*). Hal ini terjadi pada waktu kecepatan tajam yang tidak simetri (*a-symetry velocity time*) yang umumnya terjadi pada lingkungan sub-tidal. Sedangkan kehadiran tangkupan lempung atau *mud drape* menurut ahli, pada saat aktifitas arus energi tinggi maka arus akan memelihara keberadaan ripple dan silang-siur (*cross bed*). Namun jika energinya mulai melemah maka lempung terendapkan dari hasil suspensi pada bagian *lee* dari *ripple* [10]

Di sebagian tempat, perlapisan tipis lempung ganda yang kaya karbon juga hadir pada lingkungan tidal flat ini. Di Sungai Watupuru, ketebalan berkisar dari 0,4 cm sampai 0,5 cm berulang diantara batulanau karbonatan (batulanau menengah sampai batulanau halus). Ketebalan batulananya mulai dari 2 cm sampai 10 cm. Jarak antara lempung ganda (*double mud layer*) yaitu 0,5 cm sampai 3 cm. Dapat diperhatikan konsentrasi dominan batulempung karbon hadir di bagian teratas perlapisan (Gambar 5). Sementara itu kehadiran lempung ganda (*double mud layer*) dengan warnanya yang hitam pada lapisan batupasir menengah menunjukkan ketebalan yang tertipis yaitu 0,2 cm, sedangkan yang lainnya berkisar antara 0,3 sampai 0,6 cm. Lempung ganda (*double mud layer*) pada batupasir menengah abu-abu terang terlihat kadang samar-samar dan ada juga yang jelas (Gambar 5).



Gambar 4. Bukti-bukti interaksi arus pasang-surut (*tide*) terhadap pengendapan litologi Formasi Nanggulan, di Sungai/Kali Watupuru dan Songgo.



Gambar 5. Karakter tide flat pada batulanau berselingan lapisan tipis batulempung karbonan (Sungai Watupuru).

**3.1.2 Fasies Tidal Sand Bar Gosong Batupasir Pasang-surut**

Pengamatan fasies tide sand bar atau gosong batupasir pasang-surut salah satunya dijumpai di Sungai Watupuru pada batupasir halus sampai menengah abu-abu terang karbonatan. Secara umum ada 3 jenis perlapisan yang dapat dibedakan yaitu perlapisan bersudut curam/ tangen (*steeply dipping cross stratification*) berada di bagian terbawah, kemudian disusul oleh perlapisan silang siur mangkuk (*trough cross stratification*) berada di bagian tengah dan perlapisan horisontal berada di bagian teratas paket perlapisannya (Gambar 6).



Sid: siderit,  
cf: coal fragment,  
mc: mud clast,  
ph: perlapisan horisontal,  
pm: perlapisan mangkuk,  
pt: perlapisan tangen

Gambar 6. Pembagian karakter perlapisan pada gosong batupasir pasang-surut (*tide sand bar*) yang berbutir halus sampai menengah berwarna abu-abu terang karbonatan (Sungai Watupuru).

### 3.1.2.1 Perlapisan bersudut curam (*steeply dipping cross stratification*)

Perlapisan bersudut curam ini dijumpai di bagian terbawah dari unit perlapisan batupasir halus abu-abu terang. Sudut pengendapannya di bagian terawal sekitar 45° yang kemudian semakin landai menjadi lapisan mangkuk (*trough cross stratification*) menuju ke bagian atasnya. Tebal lapisannya dari 5 sampai 7 cm memiliki sisipan lapisan tipis batulempung dari 0,3 sampai 0,7 cm. Pada bagian terbawah dari unit ini banyak sekali ditemukan pecahan lignit/batubara kecil dan juga klastika lempung (*mud clast*). Perlapisan ditandai kemunculan konsentrasi lempung di ujung-ujung lapisan miring sehingga pembentukan tangkupan lempung (*mud drape*) yang mudah untuk dikenali. Pengendapan perlapisan bersudut curam ini sangat dipengaruhi oleh kondisi energi tinggi, dalam membangun gosong batupasir pasang-surut. Lapisan miringnya menunjukkan pertumbuhan tubuh gosong progradasi yang maju ke depan (Gambar 6).

### 3.1.2.2 Perlapisan Silang Siur Mangkuk (*trough cross stratification*)

Perlapisan silang siur mangkuk (*trough cross stratification*) hadir di bagian tengah unit. Kriteria bentukan yang khas dari struktur sedimen ini adalah permukaan cekung menghadap atas atau *concave upward*. Permukaan cekung ini identik dengan bidang erosi yang mengalasi pengendapan lapisan batuan berikutnya. Lapisan batupasir yang mengisi permukaan erosi tersebut di bagian ujung-ujungnya hadir tangkupan lempung (*mud drape*) yang kaya besian. Sehingga menghasilkan konsentrasi lapisan sideritik ( $\text{FeCO}_3$ ) dengan warna kecoklatan di atas bidang erosinya (Gambar 6).

### 3.1.2.3 Perlapisan Horisontal

Perlapisan horisontal ini terbentuk di bagian paling atas unit gosong batupasir pasang-surut. Perlapisan horisontal ini berasal dari perubahan secara gradual perlapisan bersudut landai (*gently dipping*) dari bagian bawahnya menjadi lapisan hampir horisontal. Sama dengan unit lapisan silang-siur mangkuk di bawahnya, konsentrasi mineral siderite juga menutupi unit teratas ini. Di lain sisi, pecahan-pecahan berukuran kecil batubara bercampur dalam kandungan batupasir halus abu-abu terang.

### 3.1.3 Perlapisan Mega Silang-siur

Kehadiran perlapisan mega silang-siur (*mega cross bedding*) banyak dijumpai di sepanjang Sungai Watupuru dan Songgo. Perubahan orientasi perlapisan terlihat baik di bagian terbawah pada unit batupasir atau di bagian teratasnya. Terkadang dengan jelas dijumpai bidang erosi atau *reactivated surface*, atau bahkan tidak begitu terlihat. Lapisan batupasir mega silang-siur pada Formasi Nanggulan menunjukkan struktur sedimen tulang ikan (*herring bone*) dimana dua arah orientasi pengendapan yang saling bertolak-belakang. Struktur sedimen seperti ini sangat khas dijumpai pada mekanisme arus pasang-surut (Gambar 7).

## 3.2. Pengaruh Gelombang atau Badai (Wave/ Storm)

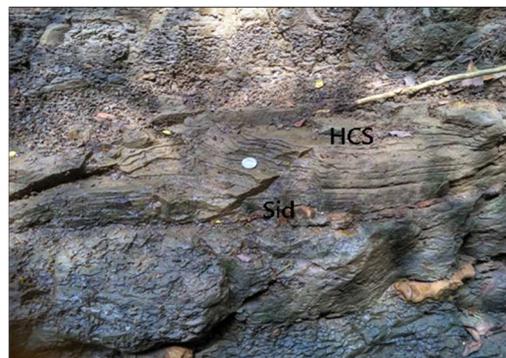
### 3.2.1 Hummocky Cross Stratification (HCS)

Badai merupakan salah satu agent yang sangat berpengaruh terhadap pembentukan delta Nanggulan secara keseluruhan. Bukti-bukti struktur sedimen penciri badai atau gelombang yaitu *hummocky cross stratification*/ HCS di jumpai di Sungai Watupuru dan Songgo. Lebar masing-masing perlapisan HCS mulai 35 sampai 40 cm yang saling bertumpuk. Di bagian bawah unit HCS ini terkadang dijumpai lapisan siderit

( $\text{FeCO}_3$ ) (Gambar 8). Ada pula permukaan erosi yang dapat dikenali dari perubahan jurus per lapisannya antara unit HCS yang bagian atas per lapisan laminasi batupasir halus karbonatan dengan per lapisan bagian bawahnya.



Gambar 7. Struktur tulang ikan (*herring bone*) dengan adanya perubahan orientasi per lapisan yang dipisahkan oleh bidang erosi di Sungai Watupuru.



Gambar 8. Struktur *hummocky cross stratification* (HCS) yang saling bertumpuk berasosiasi dengan lapisan siderit ( $\text{FeCO}_3$ ) (Sungai Watupuru).

### 3.2.2 Struktur sedimen Trunkasi

Kehadiran struktur sedimen trunkasi/ pemancungan juga biasa dijumpai pada proses-proses gelombang atau badai. Hal ini dijumpai pada singkapan batupasir halus karbonatan berwarna abu-abu terang. Perubahan arah arus ditandai oleh kehadiran bidang erosi yang memisahkan unit orientasi per lapisan yang berbeda. Dalam proses pengendapannya, permukaan miring menghadirkan per lapisan yang diendapkan pada permukaan awalnya. Kemudian unit per lapisan miring ini tererosi ditandai oleh kehadiran bidang erosi (*erosional surface*) yang juga dinamakan permukaan trunkasi (*truncation surface/tr*). Proses pengendapan selanjutnya akan mengikuti permukaan erosi yang hampir horisontal membentuk struktur sedimen gelembur gelombang (*ripple mark/rip*) di atasnya. Gambaran keseluruhan jelas tampak dalam periode pengendapannya batupasir halus abu-abu terang ini mengalami gangguan badai sehingga orientasi per lapisannya tidak tersusun dengan baik (Gambar 9).



Gambar 9. Batupasir halus abu-abu terang karbonatan berlapis miring yang mengalami pemancungan/ trunkasi. Gelembur gelombang (*ripple mark/rip*) hadir di bagian teratasnya (Sungai Watupuru).

#### 4. KESIMPULAN

Formasi Nanggulan di sepanjang Sungai Watupuru dan Songgo merupakan sedimen delta berumur Eosen Tengah yang dipengaruhi oleh pasang-surut dan gelombang/ badai. Intensitas kekuatan energi keduanya seimbang berdasarkan keterdapatannya data-data struktur sedimen penunjuk arus dijumpai di kedua Sungai Watupuru dan Songgo. Lebih jauh lagi, energi pasang surut yang hadir menghasilkan 2 fasies pasang surut yaitu fasies tide flat (dataran pasang-surut) dan tide sand bar (gosong batupasir pasang-surut). Fasies tide flat berasosiasi dengan kehadiran litologi dominan berbutir halus yaitu batulanau menengah, batulanau sedang, batulanau halus sampai batulempung. Struktur perlapisan batuanannya menunjukkan horisontal atau hampir horisontal. Hal ini ditunjukkan oleh perlapisan heterolitik yaitu laminasi bergelombang (wavy lamination), flaser dan lenticular disertai pula laminasi lempung ganda (double mud layer). Lapisan lempung ganda terkadang berasosiasi dengan laminasi atau lapisan yang mencirikan perulangan tebal dan tipisnya irama pengendapan perlapisan.

Fasies tide sand bar atau gosong batupasir pasang-surut salah satunya dijumpai di Sungai Watupuru pada batupasir halus sampai menengah abu-abu terang karbonatan. Secara umum ada 3 jenis perlapisan yang dapat dibedakan yaitu perlapisan horisontal berada di bagian teratas paket perlapisannya, perlapisan silang siur mangkuk (trough cross stratification) berada di bagian tengah dan perlapisan bersudut curam/ tangen (steeply dipping cross stratification) berada di bagian terbawah.

Di lain pihak, kehadiran struktur sedimen hummocky cross stratification (HCS), permukaan trunkasi/ pemancungan begitu banyak dijumpai di sepanjang Sungai Watupuru dan Songgo. HCS ada yang saling bertumpukan dan berasosiasi dengan lapisan siderit ( $\text{FeCO}_3$ ). Trunkasi lapisan akibat adanya erosi umum dijumpai pada pengendapan di daerah yang dipengaruhi oleh gelombang atau badai (*wave* atau *storm*). Gelombang atau badai juga sangat berperan dalam memodifikasi tubuh delta Nanggulan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Astuti, B.S., Humantoro, R., Hidayat, M., Kusuma, H.D., 2016, Analisis Struktur Geologi Jalur Sungai Watupuru dan Sungai Songgo Daerah Degan Kulon Progo, Dan Implikasinya Terhadap Penyebaran Batupasir Kuarsa Formasi Nanggulan yang Berpotensi Sebagai Reservoir, Proceesing Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Bandung.
- [2] Dalrymple, R.W., B.A. Zaitlin, and R. Boyd, 1992. Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications. *Journal of Sedimentary Petrology* 62:1130–1146.
- [3] Hartono, H.G., Sudradjat, A., 2017, Nanggulan Formation and Its Problem As a Basement in Kulon Progo Basin, Yogyakarta, *Indonesian Journal on Geoscience*, v. 4/2.
- [4] Howard, J.D. and Reineck, H.E. (1981) Depositional Facies of High-Energy Beach-to-Offshore Sequence: Comparison with Low-Energy Sequence. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 65, 807-830
- [5] Pambudi, S., Sujono, 2016, Konfigurasi Cekungan Purba Formasi Nanggulan di daerah Nanggulan, Kulon Progo, D.I.Yogyakarta, Prosiding Seminar Nasional XI “Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi 2016 Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.
- [6] Pambudi, S., Sujono, 2016, Konfigurasi Cekungan Purba Formasi Nanggulan di daerah Nanggulan, Kulon Progo, D.I.Yogyakarta, Prosiding Seminar Nasional XI “Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi 2016 Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.
- [7] 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.
- [8] Rahardjo, W., Sukandarrumidi, Rosidi, H.M.D, 1995, Peta Geologi Yogyakarta, Jawa, skala 1:100,000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [9] Saputra, R., Akmaluddin, 2015, Biostratigrafi Nonnofossil Gampingan Formasi Nanggulan Bagian Bawah Berdasarkan Batuan Inti Dari Kecamatan Girimulyo dan Kecamatan Nanggulan, Kabupaten Kulon Progo, D.I.Yogyakarta, Proceesing Seminar Nasional Kebumihan ke 8, Universitas Gajahmada.
- [10] Shanmugam, G., Poffenberger, M., Toro Alava, J., 2000, Tide-Dominated Estuarine Facies in the Hollin and Napo (“T” and “U”) Formation (Cretaceous), Sacha Field, Oriente Basin, Ecuador, *American Association Petroleum Geologist*, v.84, no.5, 652-682p.
- [11] Visser, M.J., 1980, Neap-Spring Cycle Reflected in Holocene Subtidal Larger Scale Bedform Deposits: a Preliminary Note, *Geology*, v.8, 543-546p.
- [12] Van Bemmelen, R.W., 1949, *The Geology of Indonesia*, 1A, The Hague, Martinus Nijhoff, 732pp.