

SEDIMENTOLOGI FORMASI WORAWARI PALEOGEN DI PEGUNUNGAN SERAYU UTARA

S. Bachri dan H. Panggabean

Pusat Survei Geologi,
Jl. Diponegoro No.57, Bandung 40122

Sari

Formasi Worawari merupakan nama baru yang diusulkan pada makalah ini, yang terdiri atas endapan laut dalam berumur Paleogen, dan tersingkap di daerah Banjarnegara dan sekitarnya. Formasi tersebut terdiri atas endapan turbidit di bagian bawahnya, dan ke atas berkembang menjadi endapan olistostrom yang terdiri atas matriks batulempung dan bongkah-bongkah yang berukuran beberapa meter sampai puluhan meter, dan terdiri atas konglomerat polimiktik, batupasir, serta batugamping numulit. Di Kali Gebyugan, cabang Kali Worawari dijumpai bagian bawah formasi yang dikuasai oleh batulanau dan batupasir sangat halus - halus, dan batulempung. Bagian ini banyak mengandung fosil radiolaria, bathysiphon, gigi ikan, dan beberapa fosil bentonik yang menunjukkan lingkungan laut dalam. Sementara di Kali Tengah dan Kali Tulis dijumpai singkapan perselingan batulempung dan batupasir yang mengandung fosil jejak jenis paleodicton yang mencirikan lingkungan pengendapan laut dalam. Di Kali Tulis dijumpai bongkah-bongkah batupasir dan konglomerat polimiktik, sementara di hulu Kali Worawari dijumpai beberapa bongkah batugamping numulit dalam masa dasar batulempung yang sebagian tergeruskan. Batulempung dengan bongkah-bongkah yang beragam jenisnya tersebut ditafsirkan sebagai endapan olistostrom.

Kata kunci : Formasi Worawari, endapan Paleogen, turbidit, olistostrom, laut dalam, Pegunungan Serayu Utara

Abstract

The Worawari Formation is a new name proposed in this paper, comprising Paleogene deep marine sediments and cropped out in the Banjarnegara and the surrounding area. The formation comprises turbidite deposits in the lower part, and upwards it develops into olistostrome deposits consisting of claystone matrix and boulders having tens meters in size, and comprising polymictic conglomerate, sandstone, and numulitic limestone. In the Gebyugan River, a small tributary of the Worawari River, the lower part of the Worawari Formation consists of siltstone and very fine to fine sandstone and claystone. These rocks contain abundantly fossils of radiolaria, bathysiphon, fish teeth and bentonic fossils suggesting a deep marine environment. Meanwhile, an exposure of alternating claystone and sandstone was found in Kali Tengah River, containing trace fossils of paleodicton type indicating a deep marine environment. Boulders of sandstone and polymictic conglomerate are found in Kali Tengah River and Kali Tulis River, while numulitic boulders are exposed in the upstream area of the Worawari River. The claystone containing boulders of various types of rock is interpreted to be olistostrome deposits.

Keywords: Worawari Formation, Paleogene sediments, turbidites, olistostrome, deep marine, North Serayu Mountain

Pendahuluan

Keberadaan singkapan batuan Paleogen di Pegunungan Serayu Utara, atau bahkan di Pulau Jawa pada umumnya sangatlah terbatas dibanding batuan Neogen. Oleh karena itu, data yang relatif sedikit tersebut sangat penting untuk diungkapkan dalam rangka memahami perkembangan cekungan sedimen Tersier di Pulau Jawa.

Penelitian ini dilaksanakan dengan melakukan pengukuran stratigrafi di beberapa lintasan terpilih, dan dibantu dengan analisis laboratorium,

khususnya paleontologi dan *scanning electron microscope* (SEM).

Daerah penelitian terletak di Kali Tulis (Banjarnegara) dan Kali Worawari serta Kali Gebyugan (Kabupaten Wonosobo) yang secara fisiografis merupakan bagian tengah dari Pegunungan Serayu Utara (Gambar 1).

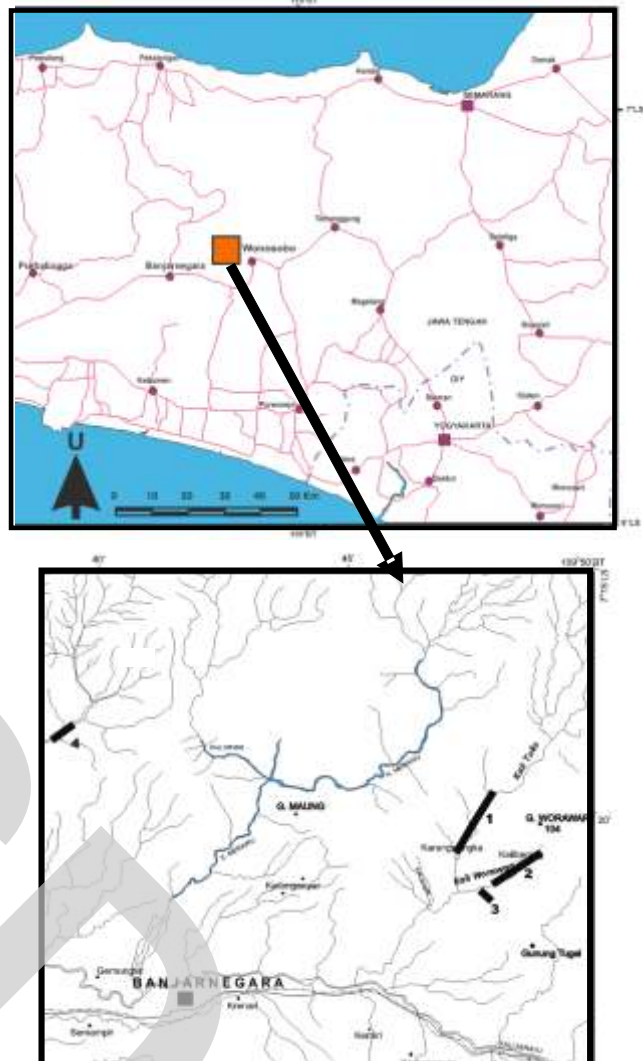
Nama Formasi Worawari merupakan nama baru usulan penulis yang sebelumnya disebut Batuan Paleogen Serayu Utara (Condon dr., 1975), atau juga disebut / disetarakan dengan Formasi Totogan di Pegunungan Serayu Selatan (Condon dr., 1996). Singkapan paling panjang formasi ini dijumpai di Kali

Worawari, meskipun di banyak tempat tertutup oleh longsor. Di Kali Tulis, secara setempat-setempat tersingkap di lintasan bagian selatan, mulai sekitar muara Kali Sidawangi ke arah selatan. Karena singkapan satu sama lainnya terpisah relatif jauh, maka pengukuran stratigrafi pada formasi ini dilakukan secara terputus-putus. Di tempat lain, misalnya di Kali Tengah, batuan yang diduga masih merupakan bagian dari Formasi Worawari tersingkap setempat dan mengandung fosil jejak jenis *nerite* yang menunjukkan lingkungan pengendapan laut dalam. Kemunculan batuan Paleogen secara terbatas di Kali Tengah tersebut diduga dikontrol oleh sesar naik.

Stratigrafi Regional

Daerah penelitian termasuk ke dalam wilayah Cekungan Serayu yang secara fisiografi disebut Pegunungan Serayu Utara. Sampai kini stratigrafi daerah ini masih rancu, yang ditunjukkan oleh adanya tataan stratigrafi berbeda dari penulis yang berbeda, baik mengenai nama maupun umur satuan batuan. Kerancuan tata nama satuan stratigrafi juga ditunjukkan oleh adanya penamaan formasi yang sama dengan satuan batuan di cekungan yang berdekatan (Cekungan Pegunungan Selatan atau Pegunungan Serayu Selatan) di daerah Kebumen dan sekitarnya. Tata nama satuan litostratigrafi yang terdapat pada peta geologi Lembar Banjarnegara dan Pekalongan edisi ke-2 (Condon dr., 1996) sangat berbeda dengan tata nama yang diberikan oleh penulis sebelumnya. Perbedaan tersebut antara lain digantinya nama Formasi Merawu menjadi Formasi Rambatan, padahal lokasi tipe Formasi Merawu terletak di daerah ini pula. Demikian pula diajukannya nama Formasi Totogan yang sebelumnya hanya dikenal di Pegunungan Serayu Selatan.

Pada makalah ini akan digunakan terminologi tata nama satuan litostratigrafi seperti yang digunakan oleh Condon dr. (1975) tersebut, dengan modifikasi nama satuan tertua dari Batuan Paleogen Serayu Utara menjadi Formasi Worawari (Tabel 1).



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian dan lintasan pengamatan geologi : (1) Kali Tulis, (2) Kali Worawari, (3) Kali Gebyungan dan (4) Kali Tengah.

Tabel 1. Korelasi Stratigrafi Daerah Pegunungan Serayu Utara Bagian Tengah

UMUR	Malikah (1975) Daerah Worawari dan sekitarnya	Bernstein (1977) Daerah Karangbalar	Condon dr (1975) Daerah Banjarnegara	Condon dr (1996) Daerah Banjarnegara
HOLOSEN	Aluvial	Aluvial	Aluvial	Aluvial, Btu. gunung, Banting, Sidora, Dang, Jembangan
PLISTOSEN	Batu Gunungapi	Batu Gunungapi Meru	Batu Gunungapi	Btu. Gunungapi, Fm. Kalibak
	Batu Lembang Serayu	Batu Lembang Serayu	Batu Lembang Serayu	Fm. Jembangan, Fm. Unak
PLIOSEN	Fm. Jembangan	Jembangan	Jembangan	Fm. Damar, Fm. Anggale, Fm. Lingsar, Fm. Lingsar, Fm. Lingsar
	Fm. Ligang	Fm. Ligang	Fm. Ligang	Fm. Tepak, Fm. Kalibak
MIOSEN	Fm. Bodae	Fm. Bodae	Fm. Bodae	Fm. Kuning
	Fm. Purpatan	Fm. Purpatan	Fm. Purpatan	Fm. Halang
	Fm. Merawu	Fm. Merawu	Fm. Merawu	Anggale Sigapur, Fm. Rambatan, Fm. Rambatan
AWAL	Batugamping Sigapur	Alas Fm. Merawu	Batugamping Sigapur	Fm. Totogan
				Batugamping Sesar
OLIGOSEN	Formasi Worawari		Batu Paleogen Peg. Serayu Utara	
EOSEN		Batu Eosen Peg. Serayu Utara		
PALEOSEN				
PRA-TERSIER				

Hasil dan Analisis

Ciri Litologi dan Struktur Sedimen

Pengukuran stratigrafi pada Formasi Worawari telah dilakukan di Kali Worawari, Kali Gebyugan yang merupakan cabang kecil Kali Worawari di bagian hilir, dan Kali Tulis (Gambar 2 dan 3). Tebal penampang terukur di Kali Worawari mencapai sekitar 180 m, sementara di Kali Tulis sekitar 40 m, namun pengukuran di kedua lintasan tersebut terputus-putus karena banyaknya bagian yang tertutup oleh endapan permukaan dan vegetasi.

Bagian bawah Formasi Worawari dicirikan oleh dominasi batulanau dan batupasir halus – sangat halus yang keras, umumnya bersifat gampingan dan berlapis baik (Gambar 4). Batuan dalam formasi ini umumnya lebih keras dibandingkan batuan dalam formasi lain yang lebih muda. Warna kelabu kehijauan sampai hijau keabuan yang khas dijumpai pada batupasir dan batulanau. Kondisi singkapan pada umumnya terkekarkan cukup intensif. Kekar berkembang cukup rapat, yang terdiri atas kekar tarik, kekar gerus, dan kekar hibrid. Adanya kekar tersebut menunjukkan bahwa formasi telah mengalami deformasi cukup intensif.

Di beberapa tempat, singkapan Formasi Worawari berasosiasi dengan bongkah-bongkah konglomerat polimiktik dan batupasir masif berbutir sangat kasar. Konglomerat polimiktik mengandung komponen kuarsa susu, kuarsa bening, rijang, dan batusabak yang berukuran sekitar 2 cm, terbesar sekitar 5 cm, rata-rata berbentuk membundar. Bongkah konglomerat polimiktik di Kali Tulis mencapai ukuran sekitar 5 m, sedangkan bongkah batupasir sangat kasar membentuk bukit kecil dengan tinggi sekitar 15 m di sebelah utara muara Kali Sidawangi. Bongkah batupasir konglomeratan polimiktik di bawah jembatan Kali Sidawangi terlihat terkungkung oleh batulempung kelabu yang juga mengandung komponen kuarsa. Bongkah-bongkah konglomerat polimiktik juga dijumpai di daerah Kali Merawu, di daerah bergumuk antara Kali Worawari dan Kali Tulis, serta di Kali Tengah (lihat peta lokasi). Di Kali Worawari bagian hulu dijumpai bongkah batugamping numulit berdiameter sekitar 5 m yang tertanam dalam matriks batulempung (Gambar 5), dan berdasarkan posisi stratigrafi terdapat di bagian bawah formasi.

Keberadaan bongkah-bongkah tersebut di atas menunjukkan bahwa Formasi Worawari, khususnya

di bagian bawah, telah terbentuk sebagai endapan olistostrom. Sementara itu, bagian atas formasi telah berkembang menjadi endapan turbidit yang berupa runtunan batupasir halus sampai batulempung, yang dijumpai di Kali Gebyugan. Adanya olistolit batugamping numulit di bagian hulu Kali Worawari menunjukkan bahwa telah terjadi peristiwa longsoran bawah laut. Ditafsirkan bahwa longsoran bawah laut tersebut telah menghasilkan runtunan batuan sedimen halus di daerah Kali Gebyugan yang merupakan endapan turbidit distal, sedangkan daerah proksimal telah terbentuk olistostrom dengan olistolit batugamping numulit dan konglomerat polimiktik, dengan matriks batulempung.

Struktur sedimen yang dijumpai berupa pelapisan dan perarian sejajar, perarian bergelombang, perarian silang-siur, konvolut, pelapisan bersusun, dan *scour and fill*.

Di lokasi 08SB31, Kali Tulis, dijumpai batulempung terdeformasi kuat, dengan belahan krenulasi (*crenulation cleavage*) yang tidak dijumpai pada formasi lebih muda dari Formasi Worawari (Gambar 6).

Umur dan Lingkungan Pengendapan

Umur Formasi Worawari berdasarkan analisis foraminifera pada tiga percontoh dari Kali Tulis, yaitu 06RY04A, 06RY07B, dan 06RY 10B adalah Eosen Tengah hingga Eosen Akhir, sedangkan percontoh 06SB04E dari bagian atas Formasi Worawari yang diambil di Kali Gebyugan, cabang Kali Worawari menunjukkan umur P17-P21/N2, atau Oligosen (Sudijono, 2006) (Tabel 1). Dengan demikian, umur Formasi Worawari adalah Eosen Tengah - Eosen Akhir sampai bagian bawah Oligosen bagian atas.

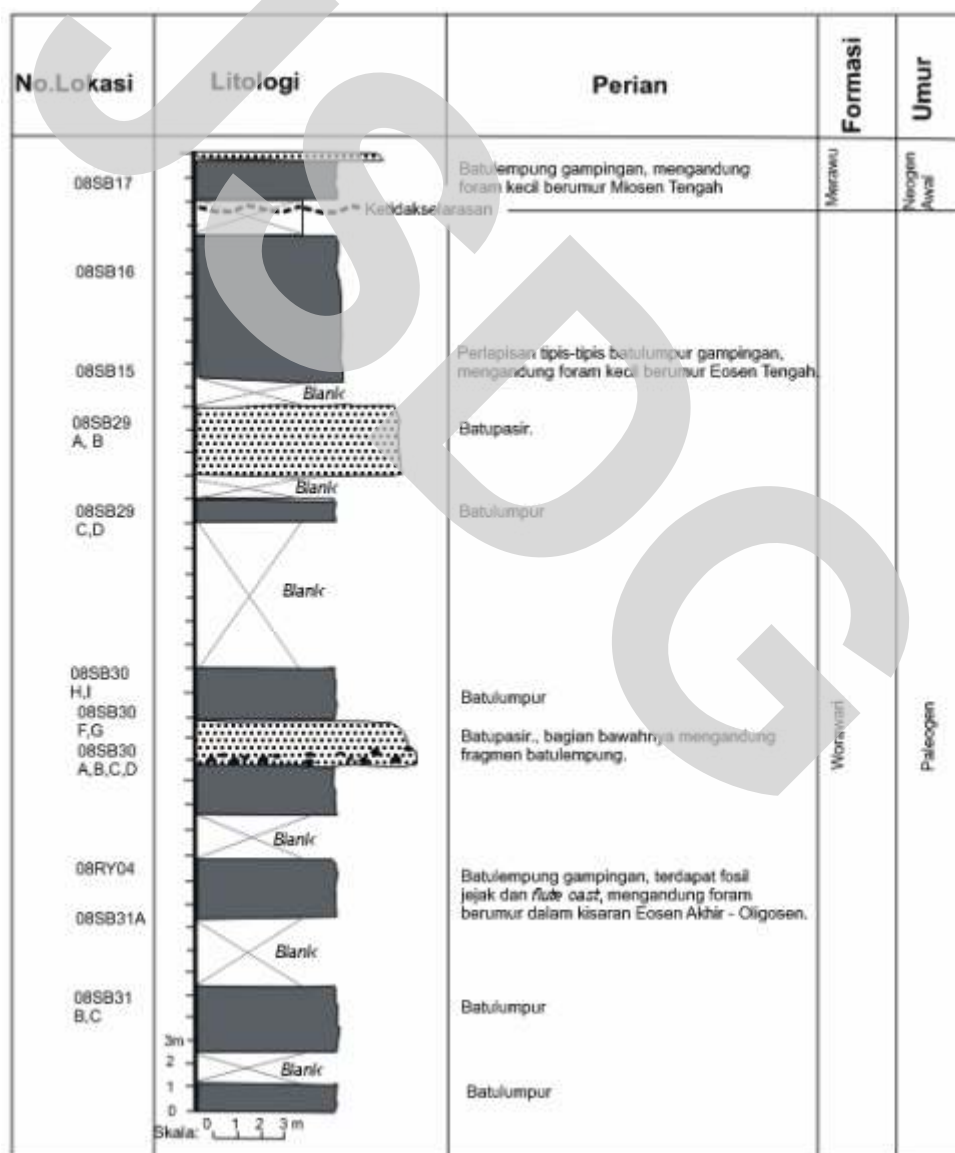
Lingkungan pengendapan Formasi Worawari dapat ditentukan berdasarkan kandungan fosil foraminifera, radiolaria, dan fosil jejak. Percontoh batulempung lanauan di Kali Gebyugan (06SB04D) mengandung gigi ikan dan banyak sekali mengandung radiolaria. Di samping itu, juga banyak dijumpai fosil foraminifera bentonik, antara lain *Bathysiphon* spp, *Cyclamina* sp, serta *Cibicidoides* sp. (Sudijono, 2006). Kandungan radiolaria yang melimpah dan fosil-fosil bentonik tersebut mengindikasikan lingkungan laut dalam terbuka. Kondisi laut dalam juga diindikasikan oleh adanya fosil jejak *Cosmoraphe* dari Kelompok Nereit (Gambar 7).

Di daerah Kali Tengah, pada batuan yang dikuasai oleh batulempung dengan selingan batupasir, dijumpai fosil jejak Paleodictyon dari Kelompok Nereit (Gambar 8) yang juga menunjukkan lingkungan laut dalam (*abysal plain*). Batuan tersebut sampai saat ini belum diketahui umurnya secara pasti, namun berdasarkan ciri litologinya, diduga merupakan bagian dari Formasi Worawari yang muncul akibat adanya sesar naik.

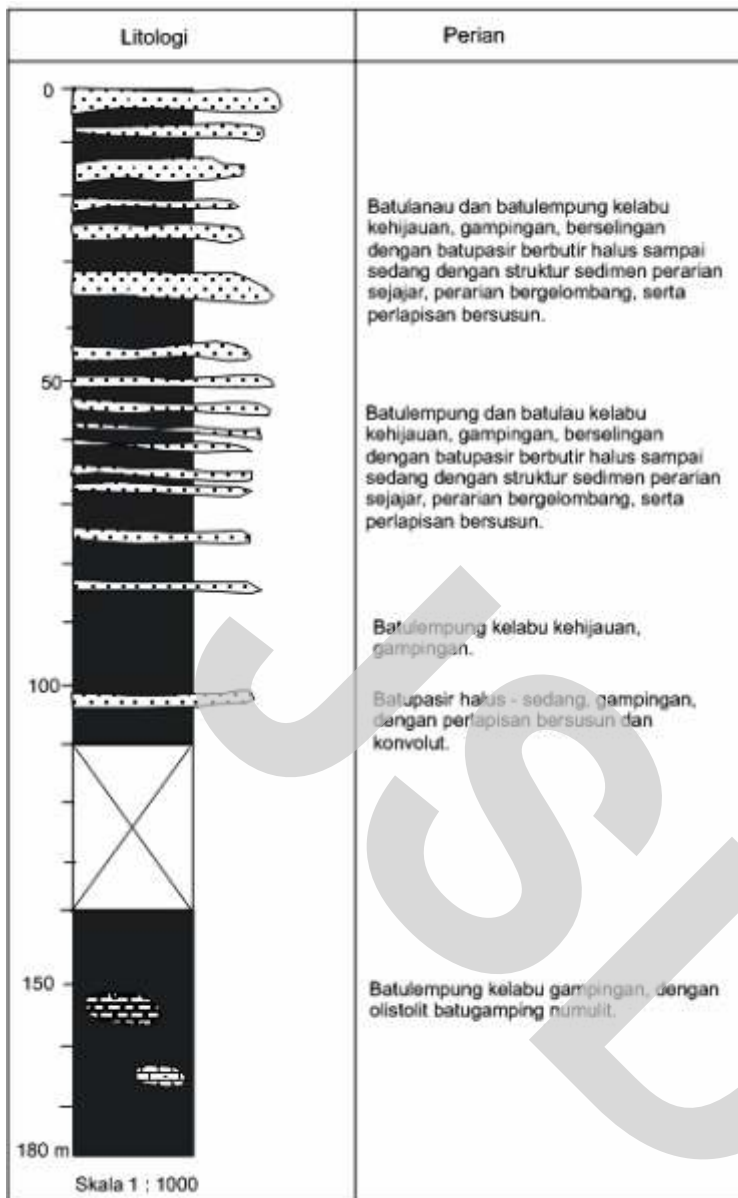
Kontak antara Formasi Worawari dan Formasi Merawu, selain kontak tektonik, diduga merupakan ketidakselarasan. Hal ini merujuk pada hasil analisis paleontologi yang menunjukkan bahwa Formasi Worawari berumur Eosen hingga N2 (Oligosen), sedangkan Formasi Merawu mempunyai kisaran

umur N4-N13 (Miosen Awal - Miosen Tengah). Data tersebut menunjukkan adanya *selang* pengendapan pada umur N3, sehingga hubungan antara kedua formasi tersebut tidak selaras.

Lingkungan pengendapan laut dalam juga dicirikan dengan terbentuknya endapan turbidit di bagian bawah formasi, yang antara lain dicirikan oleh berkembangnya lapisan-lapisan batupasir halus - sangat halus dan batulumpur dengan perarian sejajar yang sangat baik, yang disertai struktur konvolut, dan struktur pengisian dan pengerusan (*scour and fill*). Di samping itu, terbentuknya olistostrom di bagian atas formasi (Gambar 2) juga mengindikasikan suatu lingkungan dengan kelerengan cukup tinggi.



Gambar 2. Penampang stratigrafi Formasi Worawari di Kali Tulis.



Gambar 3. Penampang stratigrafi Formasi Worowari di Lintasan Kali Worowari.

Analisis SEM

Komposisi Mineralogi

Delapan percontoh batupasir dan batulanau dari Kali Gebyugan telah dianalisis dengan metode SEM dan direkam dalam bentuk digital mikrofotograf, sehingga komposisi, tekstur, dan diagenesis dapat diamati secara jelas. Batupasir litik berbutir halus sampai sangat halus yang teramati bersusunan kuarsa (55-60%), feldspar terutama plagioklas (15-25%), fragmen batuan vulkanik (rata-rata 5%), namun ada satu percontoh yang tidak mengandung fragmen batuan vulkanik. Dua percontoh batupasir litik mengandung rutil, oksida besi, dan unsur Au (emas). Matriks umumnya terdiri atas illit, kaolinit,

ilit-smektit, smektit, dan klorit-smektit. Komposisi mineralogi tersebut menunjukkan bahwa batuan asal batupasir paling tidak secara dominan berasal dari batuan vulkanik, yang diduga merupakan lajur magmatik (Panggabean dan Zajuli, 2006).

Satu percontoh (O6SB20C2) dari Kali Gebyugan menunjukkan jenis batuanannya adalah batulanau pasiran dengan komposisi mineralogi yang terdiri atas kuarsa (50%), silika gelas (1%), feldspar (15%), dan matriks mineral lempung (34%). Matriks lempung berupa smektit autigenik, sementara tiga percontoh batulempung (O6SB05C2, O6SB05D2, dan O6SB06B2) bersusunan mineral lempung *mixed layer clays* dari illit-smektit, smektit, dan kaolinit. Silika /kuarsa juga hadir di dalamnya, sementara bahan organik sering dijumpai (< 2%) berupa *oil droplet* (Gambar 9) dan sporinit. Sementara itu, percontoh O6SB16B adalah batulempung gampingan yang mengandung lempung, umumnya terdiri atas smektit, kalsit, dan fosil foraminifera plankton yang menunjukkan lingkungan pengendapan laut.

Karakter Fisik

Pada umumnya semua percontoh batuan yang diamati dengan metode SEM bersifat sangat kompak dan padat. Batupasir litik berbutir halus sampai sangat halus, mengandung matriks lempung berupa illit, illit-smektit, smektit dan klorit - smektit (*mixed layer clays*) dengan tekstur jala-jaring (*webby*) dan keriting bergelombang (*crenulated*), yang semuanya mencirikan jenis lempung autigenik yang telah mengalami diagenesis. Bentuk butiran pada batupasir litik yang berbutir halus - sangat halus umumnya bersudut tanggung, dan sangat jarang yang membundar.

Berdasarkan bentuk butir dan komposisinya, maka dapat ditafsirkan bahwa batupasir litik berbutir halus - sangat halus telah terangkut dan diendapkan tidak jauh dari sumbernya.

Porositas batupasir umumnya <3%, dan berjenis sekunder intermatriks yang menunjukkan adanya

proses pelarutan pada komponen matriks. Sementara itu, batulanau pasiran dan batulempung memperlihatkan sifat *impermeable*.

Diagenesis

Ciri-ciri diagenesis yang teramati di dalam batupasir litik berbutir halus – sangat halus dan batulanau pasiran adalah kehadiran mineral autigenik lempung berupa illit, illit-smektit, kaolinit, smektit, dan klorit – smektit (*mixed layer clays*) serta mineral sekunder lain seperti kalsit. Pelarutan matriks maupun semen serta kompaksi juga merupakan karakter diagenesis. Fase diagenesis yang telah berlangsung pada semua percontohan yang dianalisis adalah mesodiagenesis awal, dan menunjukkan bahwa batuan kemungkinan pernah terkubur pada kedalaman kurang dari 2000 m di bawah permukaan.

Kesimpulan

Formasi Worawari yang berumur Paleogen merupakan endapan laut dalam, yang terdiri atas endapan olistostrom di bagian bawah (dengan olistolit berupa batugamping numulit dan konglomerat polimiktik dengan matrik batulempung), dan di bagian atas berubah menjadi endapan turbidit yang berupa runtunan batupasir, batulanau, dan batulempung.

Proses pengendapan Formasi Worawari adalah akibat longsor bawah laut yang diduga telah menghasilkan endapan olistostrom di bagian proksimal, sementara di bagian distal terbentuk endapan turbidit yang dikuasai oleh batupasir halus sampai batulempung.

Terdapatnya rumpang waktu pada umur N3 menunjukkan adanya ketidakselarasan antara Formasi Worawari dengan Formasi Merawu di atasnya.

Sebelum terangkat, satuan ini pernah terkubur pada kedalaman kurang dari 2000 m di bawah permukaan, dan telah mengalami diagenesis fase mesodiagenesis awal. Keberadaan *oil droplet* dalam batupasir diduga berasal dari Formasi Worawari sendiri, sehingga ada kemungkinan terdapatnya batuan induk minyak bumi berumur Paleogen.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada segenap kolega di Kelompok Program Dinamika Cekungan yang telah berpartisipasi dalam

pekerjaan lapangan, yang terdiri atas D.A. Agustitanto, Surono, Eddy Slameto, Indra Nurdiana, Rachmansyah, Erwin N. Haryanto, Suprijono, serta Rachmat Y. Saragih. Apresiasi juga kami sampaikan kepada Heri H. Zajuli yang telah membantu analisis SEM, serta Sudijono yang telah banyak membantu penggambaran.



Gambar 4. Foto singkapan Formasi Worawari di Kali Gebyugan yang dikuasai oleh batupasir sangat halus – halus dan batulanau, berwarna kelabu.



Gambar 5. Foto singkapan batugamping numulit sebagai olistolit yang dikelilingi batulempung di hulu Kali Worawari.



Gambar 6. Foto batulempung Formasi Worawari yang telah mengalami pelipatan mesoskopik dengan belahan bidang sumbu krenulasi (*crenulation cleavage*) di lokasi 08SB31, Kali Tulis, 07°20'57,7", E 109°47'07,7".

Tabel 1. Daftar Percontoh Batuan pada Formasi Worawari yang Menunjukkan Umur Batuan Berdasarkan Kandungan Fosil Foraminifera.

No.	No. Percontoh	Lokasi	Koordinat	Umur
1	O6RY04A	Kali Tulis	109° 47' 10,2" BT 07° 20' 55,2" LS	Eosen Akhir - Oligosen
2	O6RY07B	Kali Tulis	109° 47' 12,7" BT 07° 20' 44,6" LS	Eosen Tengah
3	O6RY10B	Kali Tulis	109° 47' 20" BT 07° 20' 27,7" LS	Eosen Tengah
4	O6RY22C	Kali Wanadri, cabang Kali Worawari hulu.	-	Ta1-Ta3 (Paleosen Akhir - Eosen Tengah)
5	O6DA02A	Kali Worawari	109° 39' 56,3" BT 07° 15' 56" LS	Oligosen Awal



Gambar 7. Foto fosil jejak horizontal *Cosmoraphe* dari Kelompok Nereit pada bagian bawah lapisan batupasir Formasi Worawari di Kali Tulis, pada koordinat 07°20'43,8"LS, 109°47'13,5" BT.



Gambar 8. Foto fosil jejak *Paleodictyon* (kelompok Nereit) di bagian bawah sisipan batupasir di Kali Tengah, pada koordinat 07°17'34,6" LS, 109°40'10.9" BT.



Element	(keV)	mass%	Error%	Al%	Compound	mass%	Cation	K
C	0.277	77.59	0.54	95.16	C	77.59	0.00	75.3255
O		11.53						
Al	1.488	3.46	1.19	0.04	Al ₂ O ₃	6.53	4.26	7.3881
Si	1.739	7.43	1.21	3.89	SiO ₂	15.89	8.80	17.2864
Total		100.00		100.00		100.00	13.07	

Gambar 9. Hasil analisis SEM/EDX pada percontoh O6SB05C2 dari Kali Gebyugan yang menunjukkan adanya material organik berupa *oil droplet* (tanda silang) yang dikelilingi illit-smektit dan kaolinit.

Acuan

- Bemmelen, R.W., van, 1937. *Toelichting bij Blad 66 (Karangkobar), Geol Kaar van Java, 1 : 100.000*. Dienst Mijn Bouw Ned, Indie, Jakarta.
- Condon, W.H., Pardiyanto, L. & Ketner, K.B., 1975. *Peta Geologi Lembar Banjarnegara dan Pekalongan, skala 1 : 100.000*, Direktorat Geologi, Bandung.
- Condon, W.H., Pardiyanto, L., Ketner, K.B., Amin, T.C., Gafoer, S. dan Samodra, H., 1996. *Peta Geologi Lembar Banjarnegara dan Pekalongan, Jawa, skala 1 : 100.000*, Edisi ke 2, Puslitbang Geologi, Bandung.
- Panggabean, H. dan Zajuli, H.H., 2006. Data Analisa Laboratorium "Scanning Electron Microscope" (SEM) Terhadap 8 contoh batuan sedimen dari daerah Banjarnegara, Jawa Tengah. Lab. Petrologi dan Kimia, Pusat Survei Geologi. Laporan internal, tidak terbit.
- Sudijono, 2006. Hasil Uji Mikropaleontologi Foraminifera. Laporan internal Laboratorium Pusat Survei Geologi, tidak diterbitkan.

JSDG