

GEOMETRI PERLAPISAN BATUPASIR KONGLOMERATAN SEBAGAI SISIPAN PADA FORMASI NANGGULAN DI KALI WATUPURU DAN KALI SONGGO, PEGUNUNGAN KULON PROGO, YOGYAKARTA

Siti Nuraini

Jurusan Teknik Geologi, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta
Jalan Babarsari No.1 Depok, Sleman, D.I.Yogyakarta, Indonesia
siti.nuraini@sttnas.ac.id

Abstrak

Batupasir konglomeratan Nanggulan merupakan sisipan terpenting pada Formasi Nanggulan yang diendapkan pada umur Eosen Tengah sampai Late Eocene atau Late Oligosen. Batupasir konglomeratik Nanggulan dicirikan oleh berbagai variasi fragmen batuan (batuan metamorfosa, beku, dan sedimen) yang tercampur dalam matrik berukuran halus sampai kasar. Material lainnya yang hadir dalam Batupasir konglomeratik Nanggulan adalah pecahan-pecahan cangkang, sisa-sisa batubara, konkresi siderit yang terendapkan dalam kondisi energi yang tinggi. Geometri tubuh perlapisan batupasir konglomeratan Nanggulan masih menjadi pertanyaan bagi para peneliti mengingat karakter tubuh batupasirnya yang tidak menerus (diskontinuitas). Untuk mempelajari bentuk eksternal tubuh batupasir perlu mengkombinasikannya dengan karakter internal seperti tekstur butiran, komposisi butiran atau fragmen dan struktur sedimen untuk meramalkan fasies pengendapannya. Penelitian ini diperuntukan mempelajari karakter tubuh batupasir konglomeratan Nanggulan. Pengamatan geologi lapangan telah dilakukan pada dua Kali Watupuru dan Kali Songgo yang memotong perlapisan lapisan-lapisan Formasi Nanggulan. Konsentrasi butiran atau fragmen pada batupasir konglomeratik Nanggulan berada di berbagai kondisi misalnya berada di atas permukaan erosi bagian bawah, atau terkonsentrasi di bagian atas perlapisan. Ada pula yang bersatu dalam matriks yang berukuran butir kasar atau dapat pula memperlihatkan komposisi berbutir padat di tempat lain. Geometri batupasir konglomeratan Nanggulan menunjukkan geometri lensa yang menipis ke bagian tepi-tepinya. Namun di bagian atas geometri lensa ditemukan kekar-kekar tegak yang memotong perlapisan batupasirnya. Geometri awal Batupasir konglomeratan Nanggulan menunjukkan bentuk pengisian saluran (channel fill) karena pengisian sedimen ke dalam permukaan erosi lapisan batuan bagian bawahnya. Ketika proses litifikasi dan kompaksi terjadi bersamaan dengan fase penenggelaman (burial) dan tektonik pengangkatan, geometri pengisi saluran (channel fill) berubah menjadi geometri lensa. Penggelembungan di bagian tengah dan penipisan di bagian pinggir tubuh batupasir disebabkan oleh proses perbedaan kompaksi. Geometri lensa dipercaya sebagai salah satu contoh model perangkap struktur untuk reservoir batupasir. Keberadaan kekar-kekar vertikal pada batupasir konglomeratan Nanggulan perlu dipertimbangkan sebagai potensial penyekat (seal) pada perangkap struktur atau menyebabkan kebocoran-kebocoran hidrokarbon. Jika pembentukan kekar tegak berbarengan dengan proses migrasi hal ini dapat menyebabkan potensi kebocoran. Namun jika kekar sudah menutupi bagian-bagian pengumpulan hidrokarbon dapat membentuk kompartemen tubuh reservoir. Dengan melakukan penelitian ini dapat memprediksikan studi lanjut model reservoir menggunakan analogi data singkapan.

Kata kunci: batupasir konglomeratan Nanggulan, geometri lensa, tubuh batupasir

Abstract

Nanggulan Conglomeratic Sandstone is one of important part of Nanggulan Formation which is deposited during Middle Eocene to early Late Eocene or Late Oligocene. The grain composition of Nanggulan conglomeratic sandstone is characterized by various rock fragments (metamorphic, igneous, sedimentary rocks) which mixture up to fine to coarse sand-sized matrix. Other materials present within the Nanggulan conglomeratic sandstone are shell fragments, coal remains, siderithic concretions which is deposited within high energy condition. Geometry of conglomeratic sandstone stratification is still

being a question among the researchers due to discontinuous sand body character. To study external form of sandstone body needs to combine with internal characters such are grain texture, grain or fragment composition, sedimentary structures to predict a depositional facies. This research is dedicated to study the character of the Nanggulan conglomeratic sand body. Field geological observation was conducted to two rivers i.e Kali Watupuru and Kali Songgo where transecting the Nanggulan beds. The grain or fragments concentration of Nanggulan conglomeratic sandstone displays in various condition for example lying above an erosional surface to the bottom position, or concentrate to the upper layer. It also appears to be engaged in coarser size matrix, or displays a dense grain composition to elsewhere. Geometry of the Nanggulan conglomeratic sandstone represents a lens geometry which pinching-out to the edge of body. However, to the top of lens geometry were found steep joints cross cutting the sand layers. Initial geometry of Nanggulan conglomeratic sandstone indicates a channel fill shape due to filling sediments into the erosional feature of underlying beds. When lithification and compaction process occurred along the burial and uplifting tectonic phase, a channel fill geometry becomes lens geometry. Bulging to the centre part and thinning to the edge of sandstone body, is caused by differential compaction process. Lens geometry is believed as one example of structural trap model for sandstone reservoir. The occurrences of vertical joints to the Nanggulan conglomeratic sandstone need to be considered as seal potential within closure trap or even more causing hydrocarbon leakings. If development of vertical joint occurs along migration process, it may be potentially leak. However, if joints already sealed parts of hydrocarbon pool may create a compartmentalization reservoir body. By doing this investigation could predict an advance reservoir modelling study using outcrop analogues.

Keywords: *Nanggulan conglomeratic sandstone, lens geometry, sandstone body*

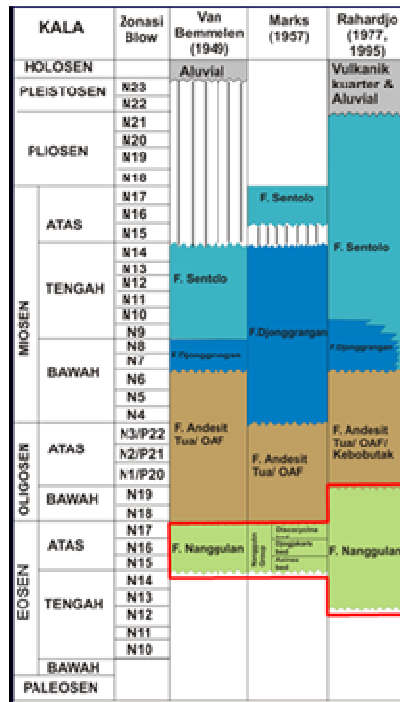
1. Pendahuluan

Kehadiran batupasir konglomeratan dalam Formasi Nanggulan menjadi bagian menarik sebagai objek studi yang telah dipelajari oleh peneliti terdahulu. Formasi Nanggulan merupakan sedimen berbutir halus dan kasar terendapkan selama umur Eosen Tengah [1][2] (Gambar 1) sampai Eosen Atas bagian awal [3]. Distribusi perlapisan Formasi Nanggulan cukup terbatas. Kehadirannya berhubungan langsung secara tidak selaras dengan Formasi Andesit tua (Old Andesite Formation/ OAF) di bagian atasnya. Di bawah Formasi ini tidak dijumpai singkapan batuan yang lebih tua dari Formasi Nanggulan, sehingga banyak peneliti menganggapnya sebagai batuan tertua di Cekungan Jawa Tengah Selatan. Lebih jauh lagi, area distribusi Formasi Nanggulan cukup terbatas [4] mungkin belum tersingkap atau mungkin sebagai cekungan mini (ponded basin).

Sebagai sisipan dalam Formasi Nanggulan, batupasir konglomeratan Nanggulan memiliki fragment atau butiran batuan beku, batuan sedimen, dan batuan metamorfosa dengan ukuran pebble (16 mm), gravel (<4 mm) sampai batupasir kasar (1 mm) yang tertanam dalam matrik pasir kasar sampai pasir halus. Oleh karena dominasi bentuk butiran dalam batupasirnya adalah membundar tanggung sampai membundar sehingga disebut batupasir konglomeratan. Model litologi seperti ini dipercaya terendapkan dalam media berenergi tinggi [5]. Lebih jauh lagi, peneliti terdahulu menganggap kandungan material gunung api sangat berperan dalam proses sedimentasi batupasir konglomeratan Nanggulan pada umur Eosen [6]. Geometri lensa batupasir sangat jarang dipelajari menggunakan analogi data singkapan, karena sulit ditemukannya bentuk lensa yang utuh karena pelapukan yang intensif. Penelitian ini dimaksudkan untuk menambah pemahaman karakter batupasir konglomeratan Nanggulan yang berada di Kali Watupuru dan Kali Songgo (Gambar 2).

2. Metodologi

Pengamatan stratigrafi dan sedimentologi dilakukan melalui lintasan Kali Songgo dan Kali Watupuru. Hal yang didokumentasikan karakter internal berupa tekstur sedimen (sortasi, fabrik, ukuran butir, bentuk butiran, jenis butiran, orientasi butiran, ukuran matriks), struktur sedimen dalam tubuh batupasir konglomeratan Nanggulan. Di sisi lain karakter eksternal yang berupa geometri perlapisan batupasir konglomeratan Nanggulan juga diamati (Gambar 3). Pengamatan petrografi pada sayatan tipis juga dilakukan dalam pemberian nama batupasir tersebut berdasarkan diagram segitiga Pettijohn [7].

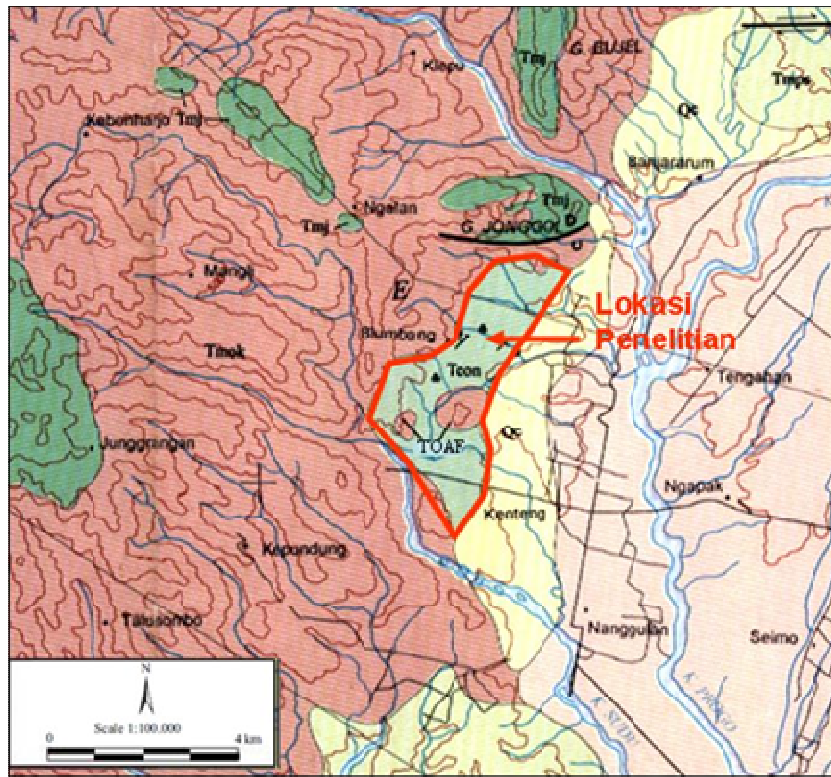


Gambar 1. Stratigraphy regional daerah Kulon Progo menurut peneliti terdahulu

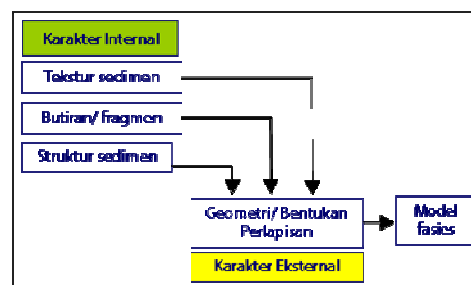
3. Geologi Regional

Daerah penelitian termasuk ke dalam penamaan zona fisiografi Pegunungan Selatan Jawa [1] yang termasuk ke dalam Cekungan Jawa Tengah bagian Selatan (Gambar 1). Jurus perlapisan yang berkembang di kedua lintasan Kali Songgo dan Watupuru secara umum berarah timurlaut-baratdaya yang terlipat kuat sebagai antiklin dan sinklin, kecuali daerah yang mengalami patahan mendatar di Sungai Watupuru [8]. Cekungan terisi oleh endapan yang berumur tua yaitu Formasi Nanggulan yang dicirikan sedimen batulempung gampingan disisipi oleh batupasir konglomeratan, batubara dan apisan kaya fosfil. Umur pengendapan Formasi Nanggulan dimulai Kala Eosen Tengah bagian atas sampai dengan Eosen Atas bagian Awal [3] atau Oligosen Atas [2]. Banyak perdebatan yang menganggap Formasi Nanggulan ini sebagai batuan dasar seperti [9] dari studi geomagnet sedangkan peneliti lainnya mempercayai masih adanya batuan lain yang lebih tua di bawah Formasi Nanggulan [10].

Di atas Formasi Nanggulan diendapkan Formasi Andesit tua atau Formasi Kaligesing dan Formasi Dukuh secara tidak selaras pada umur Oligosen Atas bagian bawah sampai Miosen Bawah bagian tengah. 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 [11].



Gambar 2. Lokasi Penelitian berada di Kali Watupuru dan Kali Songgo, Pegunungan Kulon Progo. Teon: Tersier Eosen Nanggulan, TOAF: Tersier Old Andesite Formation/ Formasi Andesit Tua (Formasi Dukuh dan Formasi Kaligesing [2]).



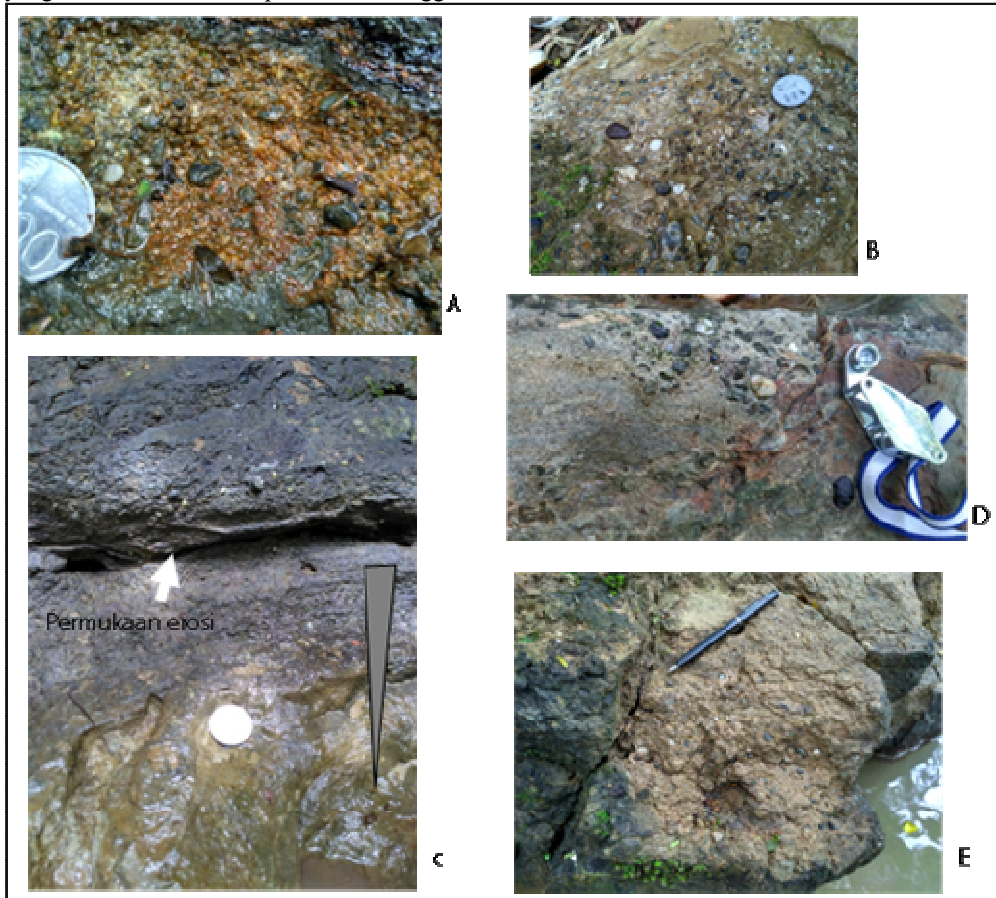
Gambar 3. Diagram alur penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Internal Struktur: Butiran/ Fragment

Batupasir konglomeratan Nanggulan disusun oleh jenis fragmen kwarsit, flint, batuan sedimen, nodul siderit, nodul limonit yang membundar bagus sampai membundar tanggung. Material lain yang juga hadir yaitu pecahan-pecahan cangkang dan serat-serat batubara. Kedudukan fragmen-fragmennya tidak beraturan, terkadang mengambang pada matriks atau terkonsentrasi pada bagian bawah bidang atau permukaan erosi (erosional surface) (Gambar 4). Di bagian lain, dijumpai konsentrasi butiran atau fragmen di atas permukaan atau bidang erosi. Orientasi sumbu panjang butiran atau fragmen tidak

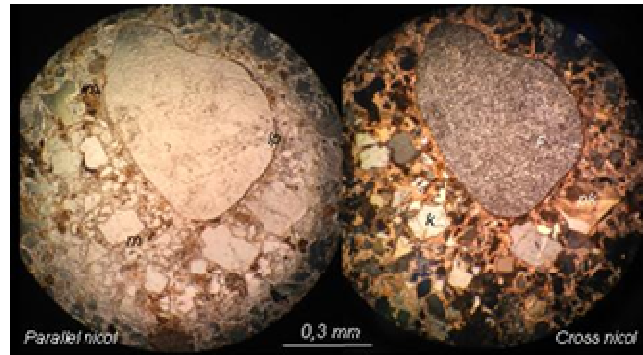
menunjukkan suatu arah tertentu atau memperlihatkan pola acak. Klastika lempung atau mud clast ada yang tertanam dalam batupasir kasar Nanggulan.



Gambar 4. Karakter fragmen atau butiran pada batupasir konglomeratan Nanggulan terdiri dari kwarsit (putih), flint (kehijauan), andesit (abu-abu), basalt (hitam) tertanam dalam matrik ukuran pasir kasar dalam komposisi yang padat (A). Terkadang pecahan-pecahan cangkang molluska ikut tercampur pula (B). Fragmen dan butiran terkonsentrasi di permukaan erosi yang dijumpai struktur perlapisan bergradasi terbalik/ segitiga abu-abu terbalik (C), sedangkan di tempat lain konsentrasi butiran atau fragmen terdapat di bagian atas perlapisan (D). Terkadang butiran atau fragmen tidak begitu besar ukurannya tertanam dalam matriks pasir kasar sampai menengah (E).

Permukaan erosi dijumpai dengan jelas di bagian dasar mengalasi fragmen-fragmen yang berukuran gravel - pebble (4- 256 mm). Endapan ini umumnya dikenal sebagai endapan saluran lag (channel lag deposits) yang mengalasi endapan point bar atau tubuh batupasir pengisi saluran (channel fill) [12][13] (Gambar 4).

Secara mikroskopis batupasir konglomeratan Nanggulan menunjukkan feldsparitic sampai lithic wacke [7], dimana kehadiran fragmen batuan (lithic) berlimpah (seperti andesit, kwarsit, flint atau chert, batuan sedimen) yang tertanam dalam matrik ukuran halus lempung (Gambar 5). Butiran kwarsa menunjukkan bentuk kristal tidak utuh (anhedral sampai subhedral) yang menunjukkan bentuk monokristalin dan poli kristalin. Flint atau chert (kwarsa mikrokristalin) juga dijumpai sebagai fragmen yang dominan berbentuk membundar sampai membundar tanggung. Terkadang oksida besi menggantikan fragmen batuan atau mineral tidak stabil feldspar, atau mengisi rongga batuan yang memanjang. Semen karbonat yang intensif terkadang hadir di beberapa sampel yang membentuk struktur spar menyelubungi batiran atau sebagai selubung interior dari cangkang fosil.



Gambar 5. Sayatan tipis batupasir konglomeratan Nanggulan (lithik wacki/ [7]) memperlihatkan komposisi fragmen batuan yang berlimpah dalam matriks lempung (m). Lempung kadang menyelimuti butiran (lp). Semen karbonat (s) mengikat fragmen batuan. Butiran atau fragmen flint/ F (mikrokristalin kwarsa) berukuran besar mulai tersemen oleh mineral karbonat/ SK. Limonit mulai hadir pada tepi fragmen batuan (lm). Butiran kwarsa (k) sebagian ada yang retak-retak/ KR menjadi polikristalin kwarsa (pk).

4.2. Struktur Sedimen

Struktur sedimen yang dijumpai pada batupasir konglomeratan Nanggulan di Kali Songgo dan Watupuru terbagi dalam laminasi paralel (parallel lamination), laminasi bergelombang (wavy lamination), laminasi lenticular (lenticular lamination), laminasi silang silur bersudut landai (tangential cross lamination), laminasi/lapisan bersudut dua arah (bipolar lamination/bed atau laminasi tulang ikan (herring bone lamination), laminasi silang silur planar, lapisan bergradasi terbalik atau normal (normal /reverse graded bedding), laminasi silang silur mangkuk (trough cross lamination) hadir pada batupasir kasar di Kali Watupuru dan Kali Songgo (Gambar 6). Aktifitas galian organisme (ichnofossil) yaitu *Skolithos* sp. juga hadir pada batupasir konglomeratan Nanggulan di Kali Watupuru (Gambar 7). Kandungan material organik atau karbon ikut bercampur bersama-sama matriks yang berukuran pasir kasar sampai pasir menengah dari batupasir konglomeratan Nanggulan.

4.3. Geometri Tubug Perlapisan Batupasir Konglomeratan Nanggulan

Gambaran geometri tubuh batupasir konglomeratan Nanggulan yang ditemukan di lokasi penelitian menunjukkan penipisan di bagian tepi-tepinya. Sedangkan di bagian tengahnya menebal atau menggelembung (cembung) (Gambar 8). Geometri perlapisan batupasir konglomeratan Nanggulan seperti ini dinamakan bentukan lensa [14] (Gambar 9). Diatas bentukan lensa dijumpai kekar-kekar tegak memotong bagian puncak lensa tersebut (Gambar 12).

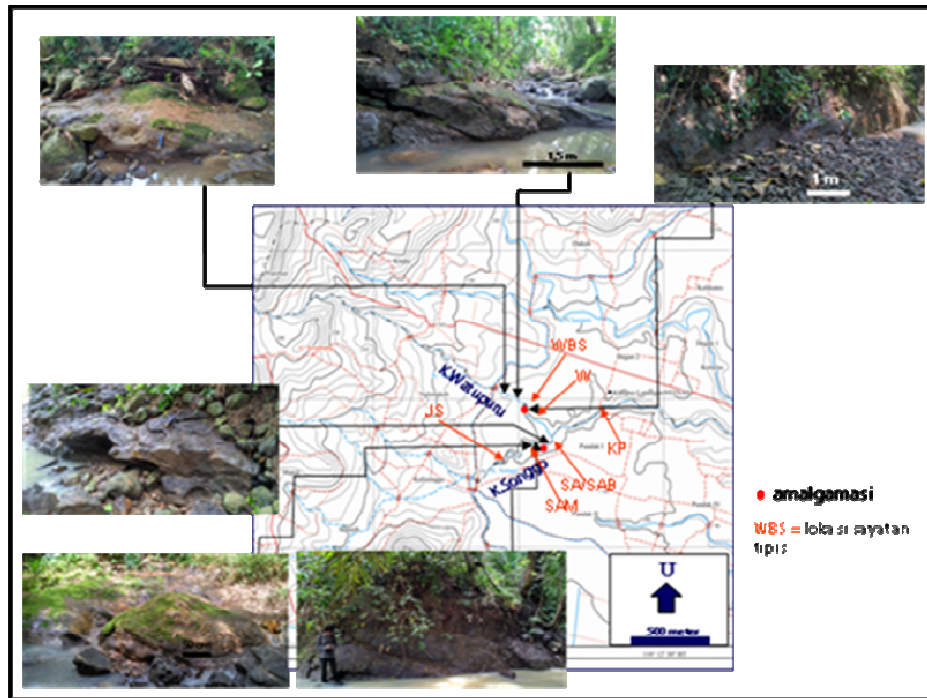
Lensa batupasir konglomeratan Nanggulan yang menumpuk secara amalgamasi ditemukan di Kali Songgo. Mengingat Kali Songgo bagian hilir, arah alirannya searah dengan jurus kemiringan perlapisan sehingga pelamparan secara lateral batupasir konglomeratan Nanggulan ini dapat dikenali lebih jelas (Gambar 8). Aktifitas jejak organisme (ichnofossil) *Skolithos* sp. ditemukan pula pada bagian lensa batupasir konglomeratan Nanggulan di Kali Watupuru (Gambar 7) dan Kali Songgo.



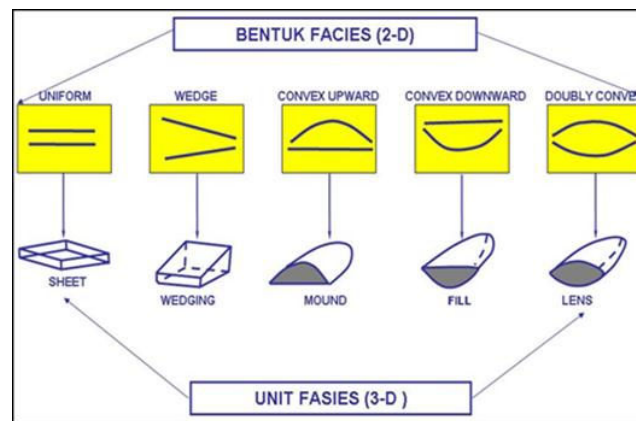
Gambar 6. Struktur sedimen yang dijumpai pada batupasir konglomeratan Nanggulan yaitu laminasi silang silur bersudut landai (low angle cross lamination) dengan permukaan erosi di bagian atasnya (A), laminasi silang silur mangkuk / trough cross lamination dengan potongan-potongan klastika lempung/KL. Potongan-potongan siderit/ Fe_2CO_3 hadir pada lapisan batulempung di bagian bawahnya (B). Laminasi dua arah/bipolar atau silang silur tulang ikan/ herring bone lamination (C) dan struktur korek dan isi/ K&I (cut and fill), laminasi bergelombang/ LG (wavy lamination), laminasi lentikular/LL (lenticular lamination) (D).



Gambar 7. Aktifitas galian organisme Skolithos sp. (kode Sk) ditemukan pada batupasir halus Nanggulan bersamaan struktur sedimen



Gambar 8. Distribusi geometri lensa yang ditemukan di dua lintasan pengamatan Kali Watupuru dan Kali Songgo. Penumpukan vertikal (amalgamsasi) tubuh batupasir konglomeratan Nanggulan dijumpai di kedua lokasi pengamatan (lingkaran merah)



Gambar 9. Geometri perlapisan batupasir klastika silikaan (siliciclastic) secara 2 dimensi dan 3 dimensi menurut [14]).

4.4. Genesa Tubuh Batupasir Konglomeratan Nanggulan

Perkembangan batupasir konglomeratan Nanggulan sejak umur Eosen Tengah merupakan endapan saluran atau channel yang berupa point bar. Geometri perlapisan batupasir konglomeratan Nanggulan pada awalnya menunjukkan bentuk saluran (channel). Bentuk saluran (channel) mencerminkan penipisan di pinggir-pinggirnya sedangkan bagian tengah menebal, di bagian atas merupakan bidang horisontal. Pada awal genesanya, sungai telah mengerosi batulempung Nanggulan membentuk saluran yang mengalirkan material-material sedimen melalui sungai purbanya. Endapan yang masuk dalam saluran ini terdiri dari klastika berukuran halus lempung sampai dengan gravel. Endapan saluran (channel) yang paling tebal ditemukan di bagian hilir Kali Songgo. Di bagian inilah endapan

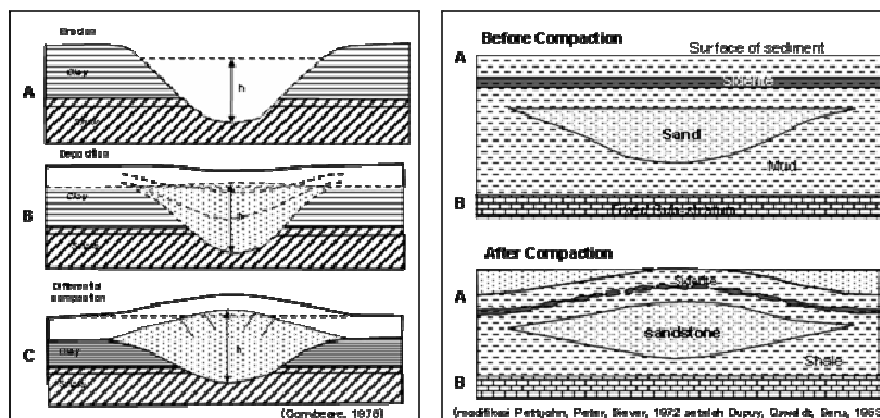
saluran (channel) mengalami penumpukan (amalgamasi) dalam waktu yang lama sehingga dapat diinterpretasikan sumbu saluran (channel axis) sungai purba berada di lokasi ini.

Pada batupasir konglomeratan Nanggulan, butiran gravel sampai pebble (2 -256 mm) atau lebih kecil lagi batupasir sangat kasar (1 mm) tertanam dalam matriks batupasir kasar sampai batupasir halus. Pengendapan batupasir seperti ini menurut peneliti terdahulu sangat dipengaruhi oleh arus berenergi kuat [15] [16]. Lebih jauh lagi, [12][13] menginterpretasi sebagai endapan sungai dewasa pengisi bagian dasar channel (pebble lag).

Mekanisme arus traksi sangat mendominasi proses pengendapan batupasir konglomeratan Nanggulan yang dicirikan oleh kehadiran struktur sedimen laminasi silang-silur mangkuk (trough cross lamination), tulang ikan (herring bone), bersudut landai (low angle lamination) sampai laminasi bergelombang (wavy lamination). Erosi intensif sungai purba juga meninggalkan bidang bekas erosi di bagian bawahnya yang kemudian terisi kembali oleh butiran-butiran klastika lainnya yang disebut korek dan isi (cut and fill). Disamping itu, perlapisan dalam kondisi yang lebih tenang juga di cirikan oleh struktur perlapisan atau laminasi sejajar/paralel .

Asal butiran atau fragment batupasir konglomeratan Nanggulan diperkirakan berdekatan dengan batuan metamorfosa dan juga batuan beku yang ditandai oleh kehadiran fragmen andesit, kwarsit, flint. Sedangkan material karbon yang berlimpah mencirikan lokasinya dekat pula dengan endapan batubara. Sedangkan Formasi Nanggulan sendiri mencerminkan endapan batulempung yang mengandung sisipan batubara pula. Sehingga dapat disimpulkan proses daur-ulang (recycling) yang sedang terjadi berbarengan dengan pengendapan Formasi Nanggulan secara keseluruhan. Ketika pengendapan Formasi Nanggulan berakhir pada umur Eosen Atas bagian Awal [3] atau Oligosen Atas [2], maka di atasnya ditutupi oleh Formasi yang lebih muda secara berurutan Formasi Andesit tua sampai umur Miosen Bawah bagian Tengah, Formasi Jonggrangan sampai umur Miosen Tengah dan Formasi Sentolo sampai umur Pliosen Atas. Beban kompaksi yang diakibatkan oleh ketebalan sedimen diatas Formasi Nanggulan ini menyebabkan terjadinya beda kompaksi. Endapan saluran batupasir konglomeratan Nanggulan yang berada dalam Batulempung gampingan Nanggulan mengalami penekanan kuat dan membengkokkan bagian tepi-tepinya. Pengangkatan menyebabkan, geometri awal dari bentuk saluran (channel) lambat laut berubah menjadi lensa yang menggelembung [17]. Retakan-retakan atau kekar- kekar tegak pada puncak lensapun terjadi seiring dengan peristiwa tektonik pengangkatan (Gambar 10).

Lebih jauh lagi, kehadiran lapisan konsentrasi mineral siderit (FeCO_3) pada batuan lempung gampingan Nanggulan sangat umum dijumpai pada tahap penimbunan dangkal (shallow burial). Ketika terjadi pengangkatan, lapisan siderit yang tadinya utuh akan mengalami patah-patah sehingga membentuk konkresi-konkresi (modifikasi [18], setelah [19]) yang sangat berlimpah dijumpai di Kali Watupuru dan Kali Songgo (Gambar 10, 11). Di lain pihak, fragmen flint atau chert yang merupakan mikrokristalin SiO_2 juga sangat umum dijumpai pada lapisan batupasir konglomeratan Nanggulan.



Gambar 10. Pembentukan geometri lensa diawali oleh erosi pada batuan di bawahnya, kemudian terisi oleh sedimen di dalamnya merupakan endapan channel (saluran) , kemudian mengalami perubahan geometri menjadi lensa setelah mengalami kompaksi dan pengangkatan [17]. Kehadiran lapisan konsentrasi siderite (FeCO_3) pada batulempung gampingan Nanggulan setelah mengalami proses kompaksi maka lapisan sideritnya mengalami patah-patah (modifikasi [18] setelah [19])



Gambar 11. Lapisan Siderit (FeCO_3) yang mulai terpecah-pecahkan pada batupasir konglomeratan Nanggulan, Kali Songgo

4.5. Implikasi Batuan Reservoir

Tipe batupasir konglomeratan yang berada di dalam Formasi Nanggulan dipercaya berpotensi sebagai batuan reservoir [8]. Disamping itu Batulempung Nanggulan yang mengandung karbonatan telah disimpulkan oleh peneliti terdahulu berpotensi sebagai batuan induk walaupun tingkat kematangannya bervariasi [20][21]. Geometri lensa batupasir berbentuk cembung ke atas dan cekung ke bawah sangat bagus menjadi perangkap struktur. Posisi reservoir dalam perangkap struktur berdekatan dengan batuan sumber (source rock) Nanggulan memungkinkan terkumpulnya hidrokarbon dalam perangkap tersebut. Perlu dipertimbangkan kehadiran kekar-kekar tegak memotong bentukan lensa (Gambar 12) memungkinkan terjadinya kebocoran-kebocoran. Namun jika pembentukan kekar tegak terlebih dahulu hadir memotong lensa batupasir kemudian dialiri hidrokarbon, maka kekarnya berfungsi sebagai penyekat (seal). Sehingga reservoir batupasirnya akan mengalami kompartementalisasi (compartmentalization) atau pembentukan ruang-ruang yang terisi hidrokarbon.

5. Kesimpulan dan Saran

Batupasir konglomerat Nanggulan merupakan sisipan pada Formasi Nanggulan yang berkomposisi butiran atau fragmen batuan beku (andesit, basalt), batuan metamorfosa (kwarsit, flint), batuan sedimen (batupasir, batulempung), pecahan-pecahan cangkang Moluska sp., nodul siderit (FeCO_3) dan serat-serat batubara yang diendapkan sebagai endapan pengisi saluran (channel fill). Kedudukan fragmen-fragmennya bervariasi, misalnya mengambang pada matriks, atau terkonsentrasi pada bagian bawah permukaan erosi (erosional surface), atau di atas permukaan atau bidang erosi. Komposisi butiran atau fragmen berukuran besar, padat tertanam dalam matriks atau ada yang ukuran butirannya lebih kecil atau hampir sama dengan matrik yang berukuran pasir kasar. Secara mikroskopis batupasir konglomeratan Nanggulan menunjukkan dominan lithic wacke [7], dimana kehadiran fragmen batuan (lithic) berlimpah (60-50%) seperti andesit, kwarsit, flint atau chert, batuan sedimen yang tertanam dalam matrik ukuran halus lempung lebih dari 5-10%. Semen karbonat yang berfungsi merekatkan butiran-butiran atau pengisi cangkang fosil berkisar



Gambar 12. Geometri lensa batupasir Nanggulan yang telah terkekarkan secara vertical. Pola kekar gerus (shear joints) yang dijumpai di bagian atas dari geometri lensa tersebut (Kali Watupuru).

Geometri tubuh batupasir konglomeratan Nanggulan di Kali Watupuru dan Songgo menunjukkan penipisan di bagian tepi-tepinya dan menggelembung di bagian tengahnya yang dinamakan bentukan lensa. Di bagian puncak lensa terdapat kekar-kekar gerus (shear joints) memotong tegak perlapisan. Lensa batupasir konglomeratan Nanggulan yang menumpuk vertikal (amalgamasi) ditemukan di Kali Songgo dan Kali Watupuru menunjukkan lokasi sumbu saluran/ channel axis sungai purbanya. Geometri perlapisan batupasir konglomeratan Nanggulan pada awalnya menunjukkan bentukan pengisi saluran (channel fill) kemudian berubah menjadi bentuk lensa karena terjadinya perbedaan kompaksi pada saat peristiwa pembebanan (burial) yang dilanjutkan peristiwa tektonik pengangkatan. Kehadiran lapisan konsentrasi mineral siderit (FeCO_3) pada batuan lempung gampingan Nanggulan sangat umum dijumpai pada tahap penimbunan dangkal (shallow burial). Ketika terjadi pengangkatan (uplifting tectonic), lapisan siderit yang tadinya utuh akan mengalami patah-patah sehingga membentuk konkresi-konkresi.

Geometri lensa batupasir yang berbentuk cembung ke atas (convex upward) dan cekung ke atas (concave upward) sangat bagus menjadi perangkap struktur. Kehadiran kekar-kekar gerus (shear joints) pada perlapisan lensa batupasir konglomeratan Nanggulan berpotensi menjadi penyekat (seal) sehingga reservoir batupasirnya mengalami kompartementalisasi. Jika kekarnya membuat jalan keluar, maka berpotensi ter jadi kebocoran-kebocoran (leaks).

Saran yang perlu diperhatikan yaitu diperlukannya studi lebih lanjut mengenai pola-pola kekar gerus (shear joints) di puncak gelembung lensa geometri. Terutama belum semua pola-pola kekar gerus di setiap geometri lensa diukur baik azimuth dan kemiringannya. Suatu integrasi studi antara stratigrafi dan struktur geologi perlu dilakukan untuk kepentingan pemodelan tubuh reservoir batupasir.

Daftar Pustaka

- [1] van Bemmelen, R.W., 1949, *The Geology of Indonesia*, 1A, The Hague, Martinus Nijhoff, 732pp.
- [2] Rahardjo, W., Sukandarrumidi, Rosidi, H.M.D, 1995, *Peta Geologi Yogyakarta, Jawa*, skala 1:100,000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [3] 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*, Proceeding Seminar Nasional Kebumian ke 8, Universitas Gajahmada.

-
- [4] 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.
- [5] Shanmugam, G, 2006 , Cubitt, J. (Edt.), Deep-water Processed and Facies Models: Implications For Sandstone Petroleum Reservoir, Elsevier, The Netherlands, 467pp.
- [6] Smyth, H., Hall, R., Hamilton, J., Kinny, P., 2003, Volcanic Origin of Quartz-Rich Sediments in East Java, Indonesian Petroleum Association Proc., 29th.
- [7] Pettijohn, F.J., 1975, Sedimentary Rock, Harper and Row, 628.
- [8] Astuti, B.S., Humantoro, R., Hidayat, M., Kusuma, H.D., 2016, Analisis Struktur Geologi Jalur Kali Watupuru dan Kali Songgo Daerah Degan Kulon Progo, Dan Implikasinya Terhadap Penyebaran Batupasir Kuarsa Formasi Nanggulan yang Berpotensi Sebagai Reservoir, Proceesing Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Bandung.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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
- [12] Tucker, M.E. 2001. Sedimentary Petrology, 3rd edition, WileyBlackwell, 272pp.
- [13] Tucker, M.E., 2003, Sedimentary Rocks in the Field, 3rd ed. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, England. 234 pp
- [14] Mitchum, R.M. Jr., Vail, P.R., Thompson, S. III. 1977, Seismic Stratigraphy and Global Changes in Sea Level, Part 2, The Depositional Sequence as a Basic Unit for Stratigraphic Analysis. In Seismic Stratigraphy—Applications to Hydrocarbon Exploration, C.E. Payton ed., American Association of Petroleum Geologists Memoir, vol. 26, 53.
- [15] Walker, R.G. 1979, Facies Models. Reprinted with revisions from a series of papers in Geoscience Canada, 1976–1979, Geological Association of Canada, 211pp.
- [16] Shanmugam, G, 2006 , Cubitt, J. (Edt.), Deep-water Processed and Facies Models: Implications For Sandstone Petroleum Reservoir, Elsevier, The Netherlands, 467pp.
- [17] Conybeare, C.E.B., 1976, Geomorphology of Oil and Gas Fields in Sandstone Bodies, Elsevier Sci. Publ. 341pp
- [18] Pettijohn, F.J., 1975, Sedimentary Rock, Harper and Row, 628. Dupuy dkk, 1963
- [19] Widardi, s., Toha, B., Imron, M., Amijaya, D.H., 2013, The Potential of Eocene Shale of Nanggulan Formation as a Hydrocarbon Source Rock, Indonesian Journal of Geology, 8/1.
- [20] Amijaya, H., Adibah, N., Ansory, A.Z.A., 2016, Lithofacies and Sedimentation of Organic Matter in Fine Grained Rocks of Nanggulan Formation in Kulon Progo, Yogyakarta, Journal of Applied Geology 1 (2), 82-88.