

## Lapisan condensed section pada batulempung gampingan Nanggulan, Pegunungan Kulonprogo, DIY

Siti Nur'aini

Prodi Teknik Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi :siti.nuraini@itny.ac.id

### ABSTRAK

Lapisan condensed section (cs) merupakan lapisan akhir siklus genang laut yang berada di puncak siklus transgressive systems tract (TST) sebelum masa regresi highstand (HST). Lapisan ini terkadang berhimpit dengan permukaan banjir maksimum (maximum flooding surface atau mfs) (Vail et al., 1984; Loutit et al., 1988) sebagai ciri pendalaman cekungan. Salah satu ciri lapisan condensed section adalah berlimpahnya mineral-mineral glaukonit ((K, Na) (Fe<sup>3+</sup>, Al, Mg)<sub>2</sub> (Si,Al)<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>) dalam suatu lapisan batuan berbutir halus bersama dengan material-material organik. Lapisan cs ini terawetkan pada lingkungan oksidasi selama proses sedimentasi yang lambat. Pada kenyataannya, batulempung kaya gampingan Formasi Nanggulan dijumpai konsentrasi mineral autigenik glaukonit. Tujuan penelitian ini dititik-beratkan pada pengamatan mikroskopis sayatan tipis batuan Formasi Nanggulan yang tersingkap di kedua lintasan sungai Songgo dan Watupuru. Pada dasarnya, bentuk mineral glaukonit membundar atau bulat telur berwarna hijau, kilap tanah, yang tersebar pada litologi batulempung gampingan dan juga mengisi bekas cangkang foraminifera bentonik besar. Pemunculan mineral glaukonit ini hanya terdapat pada litologi batulempung gampingan (lapisan cs) dan sangat jarang dijumpai pada bagian atas atau bawah dari lapisan cs itu sendiri (seperti batupasir, batupasir konglomeratan, batulanau dari Formasi Nanggulan). Jikapun mineral glaukonit ini hadir, maka sangat sedikit dan hanya sebagai reworking material saja yang sudah berubah menjadi mineral lempung atau oksidasi besi. Lapisan condensed section pada Formasi Nanggulan bergabung pula dengan lapisan fosil foraminifera bentonik besar: *Nummulites djogjakartae* (Mark, 1956). Lapisan condensed section ini dipercaya sebagai penunjuk puncaknya fase genanglaut (transgresi) di kedalaman sekitar 20-60 m (batas neritik dalam ke neritik tengah). Dengan kata lain, fase genanglaut pernah terjadi saat pengendapan Formasi Nanggulan yang menyebabkan berkurangnya masukan/ supply sedimen klastika ke dalam cekungan.

Kata kunci, lapisan condensed section, Formasi Nanggulan, mineral glaukonit, genanglaut, batulempung gampingan

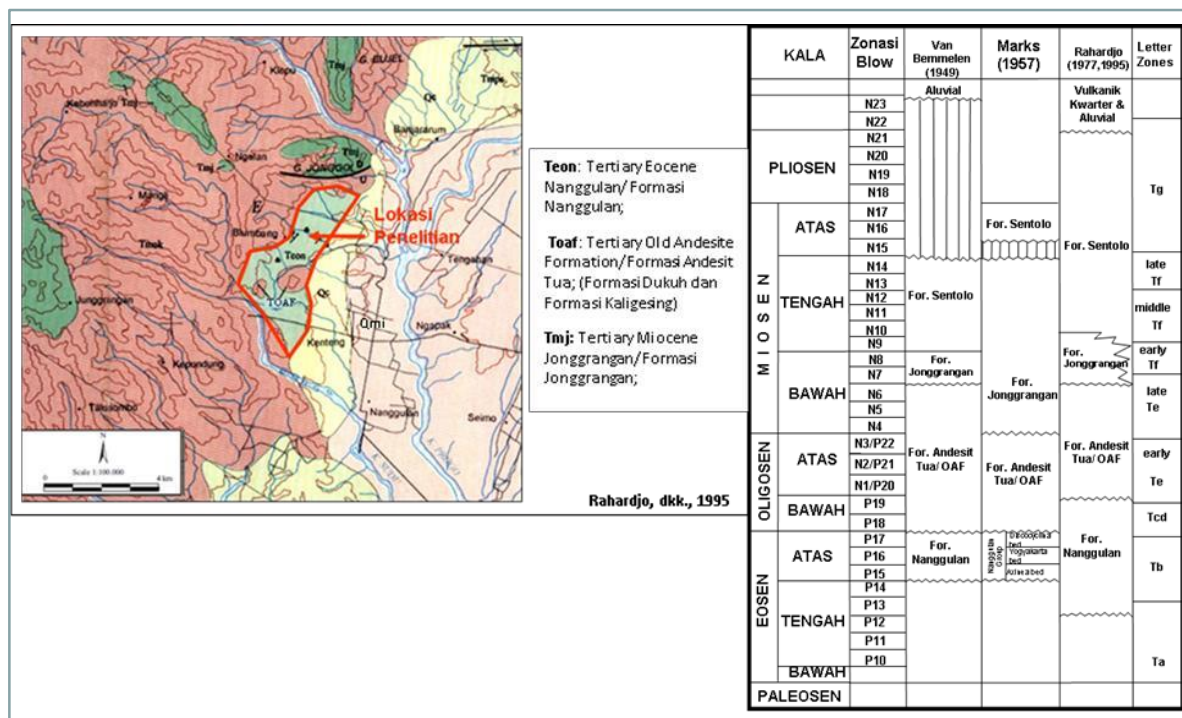
### ABSTRACT

*Condensed section (cs) is defined as later stage of transgressive cycle which situated to the uppermost transgressive layer before reaching regressive phase of highstand systems tract (HST). This layer sometimes embraces to mfs (maximum flooding surface) as indicator of deepening depositional environment (Vail et al., 1984; Loutit et al., 1988). One of condensed section character is displayed by abundant glauconite minerals ((K, Na) (Fe<sup>3+</sup>, Al, Mg)<sub>2</sub> (Si, Al)<sub>4</sub>O<sub>10</sub> (OH)<sub>2</sub>) within fine grained lithology together with organic matters. These cs layer preserved in an oxidizing environment due to slow sedimentation process. In fact, within calcareous claystone of Nanggulan Formation is found accumulation of authigenic glauconite mineral. The purpose of this study to investigate condensed section (cs) character by microscopic observation of thin sections from Songgo and Watupuru of Nanggulan's lithology. Basically, glauconite mineral shows spherical or ovoid shape, green color, dull or earthy luster, embedded to calcareous claystone and also filled larger benthonic foraminifera tests. Glauconite only encountered to the fine grain rocks (calcareous claystone) however none to the underlying or upperlying of cs layer itself in Nanggulan Formation (such as sandstone, conglomeratic sandstone or siltstone). If it presents there, very few and indicating a reworking process of altered clay and ferroan oxidic minerals. Condensed section in Nanggulan Formation merges with fossil layer of *Nummulites djogjakartae* (Mark, 1956) which is interpreted to be a key indicator of post transgressive event in depth approximately 20- 60 m (boundary of inner neritic to middle neritic). In other word, transgressive phase had ever happened during Nanggulan age (Middle Eocene) which caused a decreasing clastic sediment supply to the basin.*

*Key words: condensed section, Nanggulan, glauconite mineral, transgressive, calcareous claystone*

**1. PENDAHULUAN**

Batuan penyusun Formasi Nanggulan sangatlah bervariasi diawali batulempung gampingan kemudian disusul oleh batupasir konglomeratan, batupasir halus sampai menengah, batulanau, lignit, batuan tuf berfosil, lapisan pecahan cangkang (*coquina*) dll. Sebagai endapan delta yang berumur Eosen Tengah [11], litologi Formasi Nanggulan ini telah termodifikasi oleh berbagai energi yaitu gelombang/ badai dan pasangsurut [6]. Di samping itu pula, proses-proses naik dan turunnya muka laut (perubahan muka laut) sudah tentu ikut berperan dalam memodifikasi batuan Formasi Nanggulan. Stratigrafi sikuen Formasi Nanggulan belum banyak dipelajari oleh para ahlinya, sehingga perlu dihadirkan suatu studi yang mempelajari produk dari peristiwa perubahan muka laut saat pembentukan Formasi Nanggulan. Salah satu produk fase naiknya muka laut (transgresi) telah ditemukan belakangan ini di Formasi Nanggulan yaitu lapisan *condensed section* (cs). Lapisan cs ini sebagai produk transgresi ketika cekungan mengalami pendalaman sehingga menghadirkan batuan berbutir halus. Lapisan cs pada Formasi Nanggulan diwakili oleh litologi batulempung gampingan dengan kehadiran berlimpah fosil foraminifera bentonik besar *Nummulites djogyakartae* [5] dan mineral glaukonit. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari karakter lapisan *condensed section* di Formasi Nanggulan melalui pengamatan mikroskopis sayatan tipis dan mengamati perubahan litologinya, baik yang berada di atas atau di bawah lapisan *condensed section* ini.

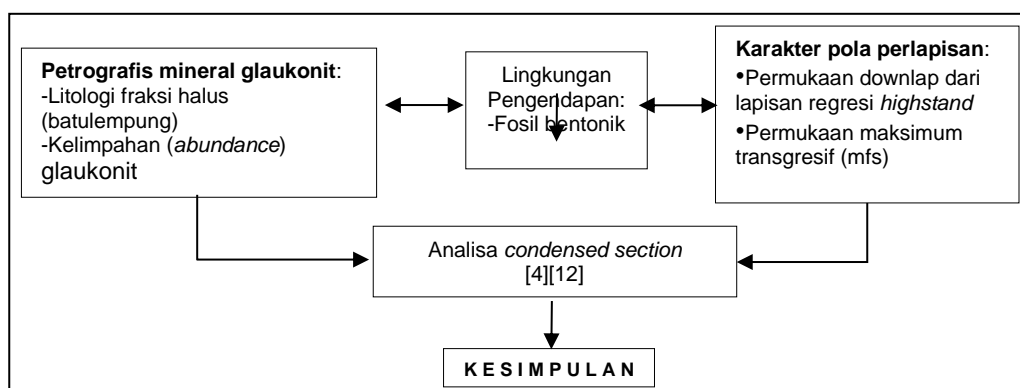


Gambar 1. Peta Geologi dan stratigrafi regional daerah penelitian

**2. METODE PENELITIAN**

Pengamatan petrografi menggunakan mikroskopis polarisasi terhadap sayatan tipis yang mewakili litologi Formasi Nanggulan yang berasal dari dua lintasan sungai Songgo dan Watupuru. Orientasi kedua lintasan sungai ini memotong arah kemiringan pengendapan sehingga dapat diketahui kedudukan lapisan bawah atau lapisan atas dari *condensed section*. Pada prinsipnya sayatan tipis mengidentifikasi kandungan butiran penyusun batupasir dengan menggunakan klasifikasi segitiga QFL (Quartz, Feldspar, Lithic) yang dikeluarkan oleh [9].

Identifikasi lingkungan pengendapan menjadi kunci dalam analisa sikuen stratigrafi yang menyangkut elemen *condensed section* tersebut. Di lain sisi, karakter perlapisan batuanya pun tidak terlepas dari konsep awal mengenai lapisan *condensed section* [12][13] (Gambar 2).



Gambar 2. Alur penelitian

### Geologi Regional

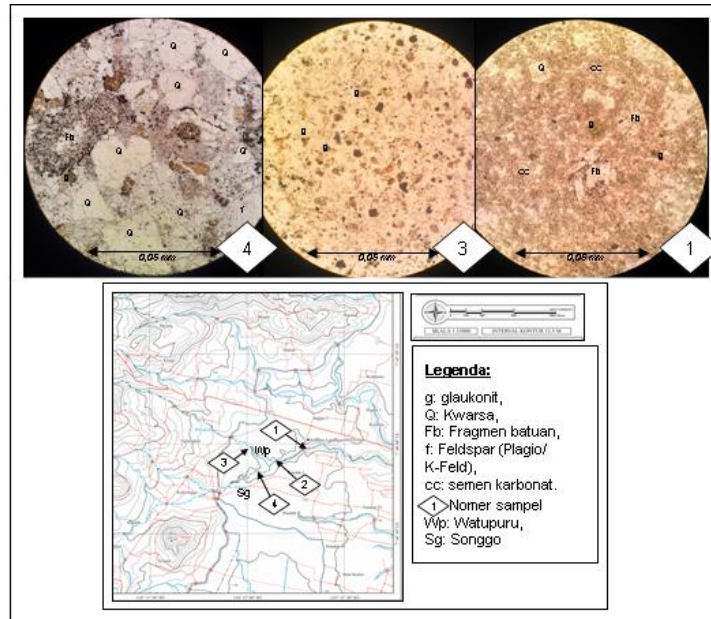
Lokasi studi berada di daerah Nanggulan yang termasuk ke dalam wilayah Pegunungan Kulon Progo. Pegunungan Kulon Progo sendiri merupakan bagian dari Zona Pegunungan Selatan [11]. Batuan tertua yang tersingkap diawali oleh Formasi Nanggulan terdiri dari batuan lempung gampingan/ karbonatan yang berselingan dengan lensa-lensa batupasir konglomeratan [6], lapisan batulanau, yang terkadang dijumpai fosil jejak, lapisan lignit, lapisan pecahan cangkang (*coquina*) dan lapisan tuffa berfosil. Umur Formasi Nanggulan menurut Rahardjo dkk. (1992) berkisar pada Eocene Tengah sampai Oligocene Awal, sedangkan peneliti lain menyatakan pada umur Eosen Akhir (Gambar 1) [5][11]. Oleh sebab banyak dan bervariasinya kandungan fosil baik foraminifera bentonik besar dan molluskanya dalam lapisan batuan Formasi Nanggulan, maka telah dibagi tiga perlapisan fosil utama. Lapisan fosil tersebut terdiri dari berurutan dari tua ke muda yaitu lapisan *Axinea dunkeri* Boetgetter, *Nummulities djogjakartae* dan *Discocyiina omphalus* [5].

Penyebaran Formasi Nanggulan ini cukup terbatas. Sebagian besar tersingkap di kaki Kubah Oblong [11] bagian timur. Beberapa patahan naik atau mendatar aktif telah memotong-motong perlapisan Formasi Nanggulan seperti di Sungai Clumpit, Sungai Songgo dan juga Sungai Watupuru (Astuti dkk., 2016). Formasi Nanggulan ditutupi secara tidak selaras oleh Formasi Andesit Tua (*Old Andesite Formation*). Formasi Andesit Tua sendiri ditutupi secara tidak selaras oleh Formasi Jonggrangan sebagai batugamping pada umur Miosen Awal atau Oligosen Atas. Kemudian disusul oleh pengendapan Formasi Sentolo yang berlitologi batugamping paparan terbuka sampai tepian laut dalam sejak umur Miosen Atas bagian atas sampai Pliosen Atas [8]. Cekungan mengalami pendangkalan dengan pengisian batuan produk gunungapi Kuartar sejak umur Pleistosen sampai Resen dengan endapan alluvium sungainya (Gambar 1).

## 3. HASIL DAN ANALISIS

### 2.1 Analisa Petrografi

Empat sampel terpilih mewakili litologi yang ada dalam Formasi Nanggulan untuk mengamati kelimpahan mineral glaukonit. Sampel 1 mencerminkan batupasir karbonatan dengan warna abu-abu terang, karbonatan, pemilahan sedang, kemas terbuka, agak keras (Gambar 3 – 1). Sampel 3 merupakan batulempung yang berwarna abu-abu kecoklatan, tidak keras, pemilahan baik, tidak karbonatan dan tidak mengandung fosil (Sungai Watupuru). Glaukonit yang muncul disini tidak begitu besar jumlahnya (Gambar 3 - 3). Sampel 4 diambil pada lokasi Sungai Songgo dengan fragmen batuan beku seperti andesit, batuan metamorf seperti flint/ chert (silika amorf) dan batuan sedimen (batupasir) yang tertanam dalam masa dasar batupasir halus (Gambar 3 - 4). Semen yang berkembang umumnya karbonat yang mendominasi seperti pada sampel nomer 1 (Gambar 3 – 1). Sebagian kecil semen silika berkembang pada bagian tepi-tepi fragmen flint atau silika amorf atau butiran kwarsa pada sampel 4 (Tabel 1) (Gambar 3 - 4). Glaukonit yang mulai berubah menjadi oksidasi besi dijumpai di sampel 4 (Gambar 3 – 4).



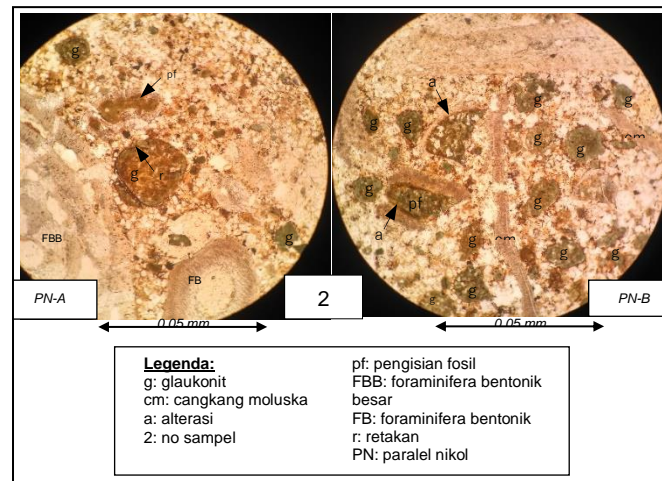
Gambar 3. Sayatan petrografi berasal dari sampel no. 1, 3, dan 4.

**2.2 Batulempung Gampingan Glaukonitan**

Kehadiran mineral glaukonit ((K, Na) (Fe<sup>3+</sup>, Al, Mg)<sub>2</sub> (Si,Al)<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>) muncul pada lapisan batulempung karbonatan yang berwarna abu-abu gelap. Di bawah mikroskop polarisasi, bentuk glaukonitnya cenderung membundar (*sphaerical*) bagus seperti bulat telur (*ovoid*) mengisi bekas cangkang (pf) terutama cangkang moluska (0,5 cm) (Gambar 4- PN-B). Ukuran mineral glaukonit bervariasi dari ukuran lanau (0,037-0,0039 mm) sampai lempung < 0,0039 mm (Wenworth, 1922). Jumlahnya cukup signifikan tersebar dalam sayatan. Morfologi glaukonit terlihat retakan (*crack*) di salah satu bagian ujungnya. Selimut alterasi (a) yang berwarna kecoklatan cenderung berkembang pula di beberapa individu glaukonit (Gambar 4). Di beberapa tempat ada glaukonit yang mengisi bekas-bekas cangkang (pf) baik foraminifera bentonik (PN-A) dan juga ruangan kamar suatu Moluska yang besar (PN-B) (Gambar 4).

Tabel 1. Komposisi material penyusun batupasir Nanggulan [9]

| No | Komponen Penyusun (%) |         |       | Komposisi (%) |          |                         | Nama          |
|----|-----------------------|---------|-------|---------------|----------|-------------------------|---------------|
|    | Dentrital             | Matriks | Semen | Quartz        | Feldspar | Lithic/ Fragment Batuan |               |
| 1  | 60                    | 10      | 30    | 35            | 10       | 55                      | Lithic wacke  |
| 3  | 5                     | 90      | 5     | 40            | 45       | 15                      | Mudstone      |
| 4  | 81                    | 10      | 9     | 55            | 30       | 15                      | Arkosic wacke |



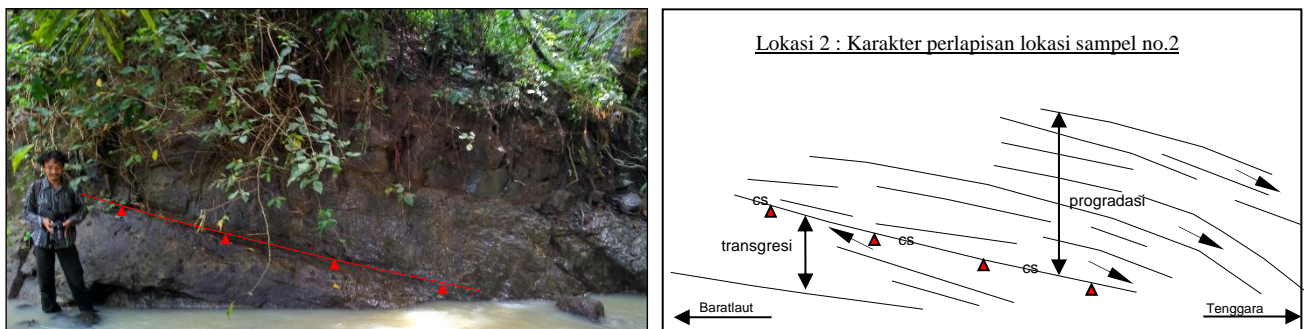
Gambar 4. Sayatan tipis batulempung karbonatan pada lokasi 2.

### 2.3 Fosil penciri Lapisan *Condensed section*

Lapisan *condensed section* Nanggulan berasosiasi dengan kehadiran fosil bentonik besar seperti *Nummulites djogjakartae* [5], foraminifera bentonik *Amphistegina sp.*, dan juga molluska (bivalve, gastropoda) dll. Terkadang cangkang yang hadir juga tidak utuh atau terpecah-pecahkan. Lingkungan pengendapannya *Amphistegina sp.* berkisar di kedalaman 35 m (*inner neritic*) dan juga *Nummulithes djogyakartae* di sekitar kedalaman 20 sampai 60 m atau neritik tengah (*middle neritic*)[3].

### 2.4 Karakter Pola Perlapisan

Kelimpahan mineral glaukonit muncul dengan karakter pola perlapisan yang berbeda. Salah satunya di lokasi 2 perlapisan batulempung karbonatan yang mengandung glaukonitan berorientasi ke arah timurlaut-timur dengan sudut kemiringan  $36^{\circ}$  (N  $30^{\circ}/36^{\circ}$  E). Lokasinya terletak pada koordinat 7.734975 S, 110.202311 E (Gambar 5). Dengan demikian pola perlapisan yang terbentuk cenderung maju ke depan secara progradasi ke arah tenggara. Lapisan progradasi ke depan ini menutupi lapisan transgresif sebelumnya yang polanya maju ke daratan atau retrogradasi. Lapisan *condensed section* merupakan bidang atau permukaan lapisan downlap dari lapisan regresi *highstand*.



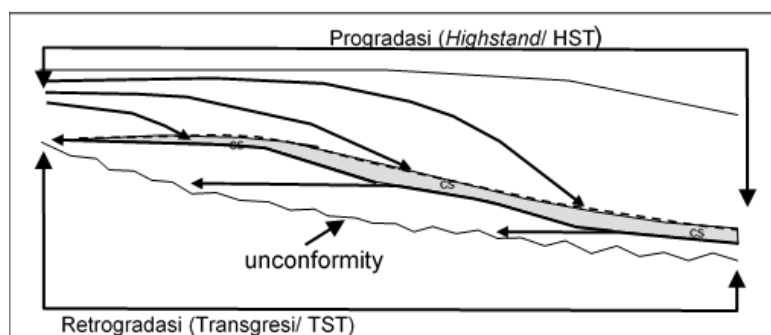
Gambar 5. Karakter perlapisan *condensed section* Nanggulan (lokasi sampel no.2) dengan posisi downlap ke arah tenggara, sedangkan toplapnya ke arah baratlaut.

Akumulasi mineral glaukonit dalam batulempung gampingan Nanggulan terbentuk secara bersamaan dengan kehadiran fosil foraminifera bentonik besar. Sehingga mineral tersebut tubuh di dalam bekas-bekas cangkang fosil tersebut. Kondisi pembentukan mineral seperti ini dinamakan autigenik mineral [4]. Lapisan *condensed section* hadir di atas permukaan lapisan transgresif yang sudah hadir terlebih dahulu [12][13]. Kemudian pengendapan lapisan regresi *highstand* menutupinya di atas lapisan *condensed section* ini (Gambar 6). Karakter lapisan *condensed section* menunjukkan pola perlapisan trasgresif yang menumpu ke



bidang atasnya yang dikenal dengan istilah toplap. Sedangkan lapisan-lapisan regresi *highstand* di atasnya akan menumpu ke lapisan *condensed section* di bawahnya yang dinamakan downlap (Gambar 6).

Jika lapisan *condensed section* haruslah berasosiasi dengan mineral glaukonit yang autigenik bukan hasil *reworking* (terkerjakan kembali) [4]. Lebih jauh lagi bentukan glaukonit yang retak tidak akan tahan dari proses *reworking* (Huggett, 2013) (Gambar 4 - PNA). Lapisan batulempung karbonatan yang berasosiasi dengan fosil foraminifera bentonik besar dan mineral glaukonit ini dinamakan lapisan *condensed section*.



Gambar 6. Model pengendapan lapisan *condensed section* menurut [12]

## 2.5 Siklus pengendapan

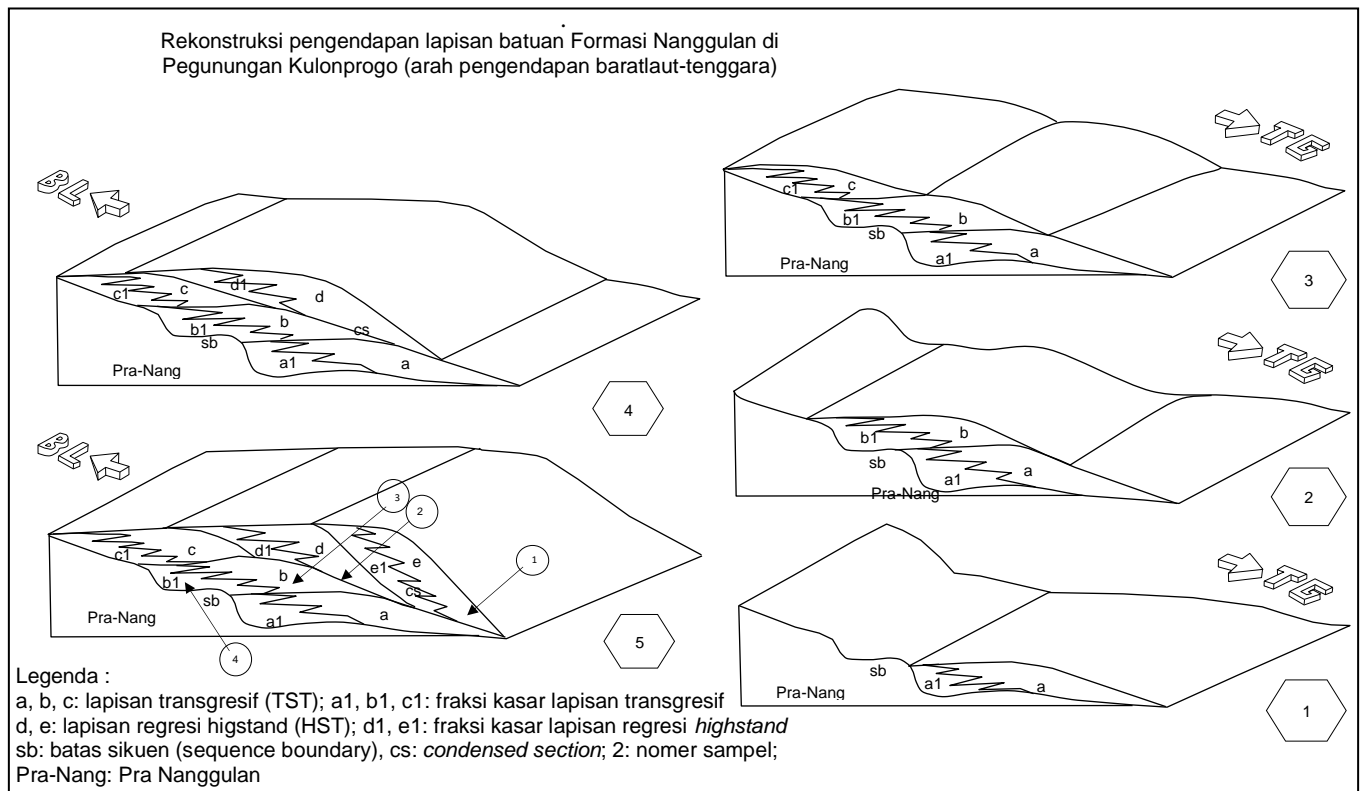
Model pengendapan lapisan *condensed section* Nanggulan ini direkonstruksi dengan asumsi dip/ kemiringan lapisan yang terbentuk pada lokasi 2 merupakan dip/ kemiringan awalnya (*initial dip*). Pengendapan lapisan transgresif menduduki urutan pertama di atas batas sikuen atau *sequence boundary* (sb). Batas sikuen (sb) ini berada di atas batuan Pra-Nanggulan. Pola perlapisannya menunjukkan pola maju ke daratan atau retrogradasi (Gambar 7-1 & 2). Lapisan a1, b1 dan c1 menunjukkan fraksi kasar yang umumnya dijumpai lebih dekat dengan sistem penyalurannya (Gambar 7-2 & 3). Kondisi ini mencirikan muka laut relatif sedang mengalami kenaikan.

Saat lapisan transgresif sudah tidak terendapkan lagi maka kondisi ini disebut puncak kenaikan muka laut secara relatif. Dengan kata lain, posisi muka laut sedang mengalami maksimum transgresi sehingga membentuk suatu lapisan baru yang karakternya dibedakan dengan lapisan-lapisan awalnya. Lapisan baru muncul ini dinamakan permukaan banjir maksimum (*maximum flooding surface/ mfs*) atau bahasa sederhananya “lapisan transgresi maksimum” (Gambar 7 - 4). Lapisan mfs ini sebagai lapisan *condensed section* [12]. Secara sederhana diterjemahkan “bagian lebih kental atau pekat” dibandingkan dengan lapisan-lapisan batuan lainnya. Sifat fisik lapisan yang khas ini dikontrol oleh suatu kondisi pendalaman cekungan dengan kecepatan pengendapan yang lambat [4]. Hal ini sangat ditentukan oleh keadaan posisi muka laut yang terus naik namun pasokan/ input sedimen ke cekungan melemah. Dalam hal ini, Nanggulan diendapkan di kedalaman sampai neritik tengah (*middle neritic*). Jika suasana demikian berlangsung terus, maka akan terbentuk mineral-mineral glaukonit secara insitu

Selanjutnya pengendapan lapisan-lapisan pola regresi mulai berkembang di atas lapisan *condensed section* tersebut (Gambar 7 - 4). Pola progradasi lapisannya maju ke arah laut atau tenggara daerah penelitian. Ujung-ujung lapisannya menumpu ke lapisan *condensed section* sehingga dapat dinamakan permukaan downlap (*downlap surface*). Perlapisan ini hadir pada saat muka laut relatif turun atau regresi. Fraksi kasar (d1 dan e1) hanya berkembang lebih dekat dengan sistem penyalurannya (Gambar 7-4 & 5). Sejak saat itu, pengendapannya secara relatif lebih dikontrol oleh kondisi muka laut yang turun.

Secara umum dapat dikenali beberapa bidang ketidakselarasan yang hadir. Diawali oleh hadirnya lapisan transgresif menumpu ke Pra-Nanggulan. Namun kenyataannya, sampai saat ini belum ditemukannya kontak perlapisan tersebut di daerah penelitian. Bidang ketidakselarasan berikutnya yaitu lapisan *condensed section* yang ditemukan di lokasi pengamatan 2 (Gambar 5). Ketidakselarasan ini hadir di kedalaman neritik tengah sehingga dikenal sebagai ketidakselarasan laut (*marine unconformity*).

Interpretasi fasies berdasarkan posisi dan deskripsi petrografi sampel menunjukkan sampel 1 diperkirakan menempati fasies halus dari bagian lapisan regresi *highstand* (kemungkinan e). Sampel litologi 4 menunjukkan batupasir konglomeratan berada pada lapisan berfraksi kasar dari sistem transgresi (kemungkinan a1 atau b1 atau c1). Di sisi lain, sampel no. 3 merupakan fraksi halus (batulanau halus) dari lapisan transgresi (kemungkinan a atau b atau c) (Gambar 7-5). Akan tetapi klasifikasi QFL [9] hanya memperuntukan ke batupasir atau batulempung saja, sehingga dalam hal ini dimasukkan ke dalam nama batulempung (*mudstone*).



Gambar 7. Rekonstruksi pengendapan lapisan batuan Formasi Nanggulan

## KESIMPULAN

Kehadiran mineral glaukonit yang berlimpah di lapisan batulempung karbonatan berasosiasi dengan cangkang atau pecahan cangkang foraminifera bentonik besar (*Nummulites djogjakartae* [5]), foraminifera bentonik *Amphistegina sp.*, dan juga molluska (bivalve, gastropoda) dll dijumpai di lokasi pengamatan 2. Lapisan ini dikenal sebagai lapisan *condensed section* karena pembentukannya insitu dikontrol oleh pendalaman pada lingkungan tenang dan lambat. Pada kenyataannya, lapisan ini berada di kedalaman 20 sampai 60 m (neritik tengah) mencerminkan suasana pendalaman cekungan akibat peristiwa naiknya muka laut (transgresi). Perlapisannyapun menunjukkan pola maju ke daratan atau retrogradasi. Lapisan *condensed section* ini sebagai bidang atau permukaan downlap dari lapisan regresi highstand yang ada di atasnya.

Model pengendapan lapisan *condensed section* Nanggulan ini diawali oleh hadirnya batas sikuen (sb) berada di atas batuan Pra-Nanggulan. Pola perlapisannya menunjukkan pola maju ke daratan (retrogradasi) dengan fraksi kasar hadir dekat sistem penyalurannya sedang fraksi halus menjauhinya. Kondisi ini mencirikan muka laut relatif sedang mengalami kenaikan. Ketika posisi muka laut sudah maksimum mengalami transgresi maka membentuk lapisan baru yaitu lapisan *condensed section*. Lapisan *condensed section* memiliki arti "bagian lebih kental atau pekat" dibandingkan dengan lapisan batuan lainnya. Sifat fisik lapisan ini dikontrol oleh kecepatan pengendapan yang lambat (Loutit dkk., 1988). Selanjutnya pengendapan lapisan-lapisan pola regresi mulai berkembang di atas lapisan *condensed section* tersebut. Pola progradasi lapisannya maju ke arah laut atau tenggara daerah penelitian. Sejak saat itu, pengendapannya secara relatif lebih dikontrol oleh kondisi muka laut yang turun.

Bidang ketidakselarasan sering dijumpai pada lapisan batuan Nanggulan. Salah satunya lapisan *condensed section* merupakan bidang ketidakselarasan yang hadir di kedalaman neritik tengah (sampel 2) oleh karena itu dinamakan ketidakselarasan laut (*marine unconformity*). Namun, ketidakselarasan utama berhubungan dengan lapisan transgresif menumpu di atas batuan Pra-Nanggulan belum dijumpai di daerah penelitian.

Interpretasi fasies menggambarkan fasies halus lapisan regresi highstand diwakili oleh sampel no. 1 sebagai lapisan e berkembang agak menjauhi sumbernya. Facies *condensed section* berasal dari sampel no. 2

menjadi pemisah produk pengendapan transgresi dari regresi. Di lain pihak, sampel no. 3 mencerminkan fasies fraksi halus transgresi (sebagai lapisan a atau b atau c) yang menunjukkan dominan litologi lempung. Sampel no.4 merupakan suatu fasies kasar transgresi yang umumnya diendapkan dekat dengan sistem penyaluran pengendapan yaitu lapisan a1 atau b1 atau c1.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada rekan yang membantu di lapangan (Rangga, Luqman, dll.) dan ITNY dalam mewujudkan penulisan naskah ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Astuti, B.S., Humantoro, R., Hidayat, M., Kusuma, H.D., 2016, Analisis struktur geologi jalur Kali Watupuru dan Sungai Songgo daerah Degan Kulon Progo, dan implikasinya terhadap penyebaran batupasir kuarsa Formasi Nanggulan yang berpotensi sebagai reservoir, Proceeding Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Bandung.
- [2] Huggett, J.M., 2013, Minerals: glauconites and green clays, Elsevier Inc.
- [3] Jorry, S.J., Dvaud, E., 2003, Depositional facies and sequence stratigraphy of reservoir Nummulite bodies in Central Tunisia (El Garia Formation, Upper Ypresian), result of a field analogue study from the Kesra Platey, AAPG Conference, Barcelona, 21-24, 2003.
- [4] Loutit, T.S., Handbol, J. Vail, P.R., and Baum, G.R., 1988, *Condensed sections: the key to age determination and correlation of continental margin sequences in: Sea-level changes- an integrated approach*, SEPM Special Publication no.42
- [5] Marks, P., 1957, Stratigraphy Lexicon of Indonesia, Publikasi Keilmuan np. 31, Seri Geologi, Pusat Jawatan Geologi Bandung.
- [6] Nuraini, S., 2017, Geometri perlapisan batupasir konglomeratan sebagai sisipan pada Formasi Nanggulan di Kali Watupuru dan Kali Songgo, Pegunungan Kulon Progo, Yogyakarta, Kurvatex Journal, STTNAS, v.2/2 (November).
- [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, Proceeding Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Bandung.
- [8] Pettijohn, F.J., 1975, Sedimentary Rock, Harper and Row, 628.
- [9] Rahardjo, W., Sukandarrumidi, Rosidi, H.M.D., 1995, Peta Geologi Yogyakarta, Jawa, skala 1:100,000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [10] Van Bemmelen, R.W., 1949, The Geology of Indonesia, 1A, The Hague, Martinus Nijhoff, 732pp.
- [11] Vail, Peter; Rick, Sarg, 1987, Introduction to Seismic Stratigraphy. Tulsa: AAPG Films.
- [12] Wagoner, J. C., Van, Mitchum, Jr., R. M., Posamentier H. W., dan Vail, P. R., 1987, Key Definitions of sequence Stratigraphy, AAPG Studies in Geology #27, volume 1: Atlas of Seismic Stratigraphy, edited by A. W. Bally, Pages 11-14.
- [13] Wentworth, C.K., 1922, A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments, The Journal of Geology 30, 377-392.