BATUPASIR “BULUKUNING” PADA LEMPUNG BERSISIK DI DAERAH BANJARNEGARA, JAWA TENGAH ; STUDI PETROLOGI, PROVENAN DAN IMPLIKASI TEKTONIK

AGUS H. HARSOLUMAKSO¹, EKO PUSWANTO², I.G.B. EDDY SUCIPTA¹

1. Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung (ITB),
JL. Ganesha No.10, Bandung, Jawa Barat, Indonesia, 40132
2. Balai Informasi dan Konservasi Kebumian, LIPI Karangsambung, Kebumen, Jawa Tengah

Sari- Batupasir di daerah Bulukuning, Banjarnegara yang dikenal dan bahkan pernah diusulkan sebagai Formasi Bulukuning ini sebelumnya disebut sebagai batupasir *greywacke* sebagai bagian dari Komplek *Mélange* Luk Ulo yang berumur Kapur Awal–Paleosen. Keberadaan batupasir ini yang sudah menunjukkan sifat metamorfisme dan hadir pada batulempung bersisik yang umumnya dianggap matriks dari melange menjadi menarik untuk dipelajari lebih lanjut. Penelitian ini mengkaji detail karakteristik litologi, provenannya dan implikasi tektoniknya.

Batupasir di dalam satuan batuan ini secara umum, sebelum mengalami deformasi, merupakan perselingan batupasir dan batulempung-batulanau yang berlapis baik, berinterkalasi dengan lempung bersisik. Determinasi paleontologi pada batupasir yang mengandung *Paleo-Nummulites* dan nanno fosil matriks menunjukkan umur Eosen Tengah-Akhir (NP15-16). Kenampakan struktur yang sering dijumpai selain terlipat dan tersesarkan, batupasir ini menunjukkan karakter blok dalam matrik lempung bersisik (*block in matrix*) dan pada beberapa bagian berkembang struktur *boudin* yang merupakan hasil deformasi kenyal-tegar. Analisis pada matriks lempung bersisik menggunakan nilai *illite crystallinity* (IC) menghasilkan interpretasi bahwa deformasi yang mengontrol pembentukan struktur lempung bersisik dan *boudinage* berlangsung pada temperatur sekitar 205.916° – 223.014°C ($\pm 30^\circ$).

Studi provenan batupasir menunjukkan bahwa batupasir ini sebagian besar merupakan *recycled orogen* yang berhubungan dengan tatanan tektonik *collision orogen*. Aktivitas tektonik ini diperkirakan berkaitan dengan dengan tumbukan Mikro Kontinen Jawa Timur dengan bagian timur daratan Sunda pada Eosen akhir–Oligosen Awal, diikuti dengan terangkatnya kompleks akresi Karangsambung, batuan vulkanik yang terbentuk sebelumnya serta beberapa blok daratan Sunda. Luk Ulo. Erosi dan pengendapan pada cekungan muka daratan (foreland basin) menghasilkan endapan *molasse* yang berasal dari sumber hasil percampuran tektonik dalam suatu zona suture.

Kata kunci: batupasir, *mélange*, *boudin*, deformasi, tektonik.

Abstract – Sandstone unit in the Bulukuning area, Banjarnegara known and even once proposed as the Bulukuning Formation were formerly referred to as the greywacke sandstones as part of the Luk Ulo Melange Complex which is believed as Early Cretaceous-Paleocene in age. The sandstones are lightly metamorphosed and observed in many places to be included in the exotic blocks within the scaly clay which is generally considered as matrix of melange. This study examines the details of lithological characteristics, their provenances and tectonic implications.

Undeformed sequences of the Bulukuning Sandstones represented by well bedded sandstones and siltstones. Determinations of fossil species and association of these sandstones yield *Paleo-Nummulites* and nanno fossil matrices which strongly suggest Middle-Late Eocene (NP15-16). The highly deformed sequence of Bulukuning Sandstones often show block in matrix characters while others develop more boudinage structures as a result of rigid deformation. Analysis of the scaly clay matrix using the *illite crystallinity* (IC) value suggested that the deformation controlled the formation of scaly clay and boudinage structures occurred at temperatures around 205.916° - 223.014°C ($\pm 30^\circ$).

The provenance study of the sandstones confirms that these are resulted from recycled orogens related to the Micro-Continent collision of East Java with the southeast margin of the Sundaland during the Late Eocene-Early Oligocene period. The collision was subsequently followed by the exhumation of Karangsambung accretion complex, previously formed volcanic rocks and several Sundanese land blocks.

Key words: Bulukuning sandstone, *mélange*, *boudin*, deformation, tectonic.

PENDAHULUAN

Kelompok batuan berumur Pra-Tersier di daerah Banjarnegara dan Luk Ulo, Jawa Tengah, telah dipetakan (Condon dkk., 1996, Asikin dkk., 1992) dan dikenal sebagai Komplek *Mélange* Luk Ulo yang merupakan hasil proses subduksi Lempeng Indo-Australia ke bawah Lempeng Eurasia pada Kapur Akhir Paleosen (Asikin, 1974, Asikin dkk., 1992). Satuan batupasir yang berada pada kompleks ini sebelumnya dipetakan oleh Ketner dkk.(1976) sebagai batuan sedimen Pra-Eosen. Batuan ini

dianggap sebagai sebagai blok *greywacke* (native blocks) dalam Komplek *Mélange* Luk Ulo. Penelitian berikutnya pada kompleks ini (Prasetyadi, 2007) memunculkan kembali sekuen batupasir ini yang kemudian diusulkan sebagai Formasi Bulukuning sebagai satuan metasedimen Formasi Bulukuning berumur Eosen awal. Satuan batuan ini tersingkap baik di daerah Bulukuning, Kecamatan Purwanegara, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah (**Gambar 1**).

Gambar 1. Keberadaan satuan batuan meta-batupasir yang diusulkan sebagai Formasi Bulukuning (indeks garis kotak) pada peta geologi di utara Komplek *Mélange* Luk Ulo (Prasetyadi, 2007, data dari Condon dkk., 1996 dan Asikin dkk. 1992).

Keberadaan satuan batuan ini pada Komplek Melange Luk Ulo menjadi penting dari sisi mulajadi dan tektoniknya, karena batuan yang diperkirakan berumur Eosen ini telah mengalami metamorfosa dan terdeformasi bersama komplek *mélange*. Makalah ini merinci tentang satuan batupasir ini dari sisi petrogenesis, provenan dan efek deformasi dalam kaitannya dalam matriks lempung bersisik. Pemetaan secara rinci telah dilakukan melalui pengukuran dan pengambilan contoh batuan pada 4 (empat) lintasan. Pada studi ini dilakukan analisis petrografi dan provenan pada batupasir, serta analisis XRD pada lempung bersisik.

TINJAUAN GEOLOGI

Batuan berumur Pra Tersier (Harloff, 1933) tersingkap di wilayah Pegunungan Serayu Utara dan Selatan, yang merupakan bagian dari Pegunungan Selatan (*Southern Mountain Zone*, van Bemmelen, 1949). Kelompok batuan ini yang kemudian dikenal sebagai Komplek Melange Luk Ulo (Asikin, 1974), yang terdiri dari blok batuan metamorfik, batuan ofiolitik (Suparka, 1988), tertanam di dalam matrik lempung yang tergerus atau *sheared* (**Gambar 1**). Kelompok batuan ini dipercaya sebagai *mélange* hasil dari proses subduksi Lempeng Indo-Australia kebawah Lempeng Eurasia pada Kapur Akhir–Paleosen (Asikin, 1974). Batuan Paleogen yang menutupi kelompok batuan ini juga menunjukkan karakter yang khas, mengandung blok dan mempunyai matriks yang menunjukkan sifat bersisik (*scaly*). Sejalan dengan peta bersistem wilayah ini, satuan batuan Paleogen ini yang sebelumnya dikenal sebagai ‘Eosen’ dan Horison Tufa Napal I (Harloff, 1933) diusulkan sebagai Formasi Karangsambung dan Totogan (Asikin, 1974, Asikin dkk., 1992). Endapan Tersier selanjutnya yang berurutan adalah breksi

volkanik Formasi Waturanda, berumur Miosen Awal dan perselingan tuf dan napal Formasi Penosogan yang berumur Miosen Tengah. Kelompok batuan campuran (*mélange*) dan bancuh (*chaotic*) seperti Komplek Melange LukUlo dan batuan Tersier penutupnya, Formasi Karangsambung dan Totogan di wilayah ini, masih menjadi topik yang diperdebatkan selama ini terkait dengan hadirnya stuktur blok dalam matrik. Kedua satuan batuan ini yang kemudian diinterpretasikan sebagai olistostrome, mengandung komponen yang sangat beragam yang kemungkinan berasal dari kompleks *mélange*. Beberapa penelitian terakhir mengusulkan untuk membedakan sebagian satuan batuan ini karena sifat karakteristiknya misalnya Komplek Larangan dan Formasi Bulukuning (Prasetyadi, 2006) yang kemudian dilanjutkan studi berikutnya pada satuan batuan ini (Harsolumakso dkk., 2006, Tuakia dkk., 2015, Harsolumakso et al, 2016). Hadirnya batupasir yang telah disinyalir sebelumnya oleh Ketner dkk. (1976) sebagai batuan Pra Eosen menjadi menarik karena disamping batuan ini secara stratigrafi diatas Kompleks *Mélange* Luk Ulo dan telah mengalami metamorphosis (Prasetyadi, 2006). Keberadaan batupasir ini secara struktur juga menunjukkan sifat deformasi yang mirip dengan *mélange* yaitu sebagai struktur blok dalam matriks dan tergerus kuat.

BATUPASIR “BULUKUNING”

Karakteristik Struktur Batuan

Pada penelitian ini pengamatan singkapan dan pengambilan contoh batuan dilakukan pada empat jalur lintasan yang terpilih, yaitu Kali Sat, Kali Poh, Kali Watang, dan Kali Lebak Menak yang kesemuanya bermuara ke Kali Sapi seperti yang ditunjukkan pada sketsa peta **Gambar 2**.

Gambar 2. Peta Sketsa Geologi dan lintasan penelitian pada Batupasir Bulukuning. (indeks lokasi ditunjukkan seperti pada Gambar 1).

Satuan batuan yang dijumpai pada empat jalur lintasan tersebut didominasi oleh satuan batupasir dan satuan batulempung yang relative berada di bagian atas. Keberadaan batupasir di dalam satuan batuan ini dijumpai dalam beberapa kondisi; yaitu berupa perulangan batupasir dan batulempung-batulanau yang berlapis baik, pada beberapa bagian menyisip di dalam batulempung, serta tertanam di dalam matrik lempung yang bersisik menyerupai struktur *block in matrix*. Pada beberapa bagian berasosiasi dengan struktur *boudin* batupasir yang memberikan kenampakan melensa dengan bagian ujung membulat (**Gambar 3**).

Perlapisan batupasir pada bagian bawah menunjukkan amalgamasi dengan sisipan konglomerat pada beberapa bagian. Pada bagian atas satuan batulempung didominasi oleh batulempung-batulanau yang menyerpih, tidak bersifat karbonatan, dan tidak ditemukan fosil penciri lingkungan laut. Berdasarkan karakteristik tersebut menunjukkan bahwa satuan batuan sedimen di daerah penelitian diendapkan pada lingkungan darat oleh sistem fluvial. Satuan batupasir pada bagian bawah yang berukuran butir kasar diinterpretasikan sebagai endapan *channel* dengan mekanisme arus traksi. Perulangan batupasir dan batulempung yang secara umum menghalus ke

arah atas diinterpretasikan sebagai endapan *flood plain* dengan mekanisme suspensi. Secara umum batupasir di daerah penelitian merupakan tipe *sublitharenite* dan *lithic-subarkose*, yang didominasi oleh butiran kuarsa dengan bentuk butir menyudut – menyudut tanggung. Hubungan antar butir menunjukkan kontak memanjang, serta kenampakan pseudomatrik pada fragmen batuan vulkanik bertekstur vitrofirik. Butiran kuarsa pada batupasir pada beberapa bagian terorientasi dan berkembang *secondary utgrowth*. Batulempung dan matrik lempung secara umum pada

beberapa bagian mengindikasikan termetamorfosis tingkat rendah menjadi *slate*; dicirikan dengan kenampakan bidang belah berupa *seam* berwarna lebih gelap, halus, berstruktur *slaty cleavage*, terisi oleh mineral lempung dan mika yang terorientasi (**Gambar 4**).

Gambar 3. Keberadaan batupasir di daerah penelitian. Struktur *boudinage* batupasir pada lintasan Kali Poh (A) dan lintasan Kali Sat (B), perulangan batupasir dan batulempung-batulanau yang berlapis baik (C), blok batupasir tertanam di dalam matrik lempung yang bersisik (D).

Umur

Beberapa fosil nanoplankton *Pontosphaera pulchra*, *Pontosphaera versa* dan *Discoaster asymmetricus* dijumpai di dalam batulempung dan matrik lempung di daerah penelitian. Keberadaan fosil nanoplankton dijumpai pada batulempung KW 14 yang menyisip di dalam batupasir lokasi SKW 14. Fosil *Pontosphaera pulchra* juga dijumpai pada batulempung KP 5 di lokasi SKP 8, sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 5**. Kemunculan awal fosil *Pontosphaera pulchra* pada NP 9 dan berakhir pada NP 16. Kemunculan awal fosil *Pontosphaera versa* pada NP 9 dan berakhir pada NP 23. Kemunculan awal fosil *Discoaster asymmetricus* pada NP 15 dan berakhir pada NP 18. Sehingga

satuan batuan sedimen di daerah penelitian memiliki umur Eosen Tengah (NP 15 – NP 16), yang ditandai dengan kemunculan awal *Discoaster asymmetricus* dan kemunculan akhir *Pontosphaera pulchra*.

Fosil foraminifera besar dijumpai pada batupasir kalkarenit SKP 20 lintasan Kali Poh. Batupasir kalkarenit bertekstur klastik, yang dikenali adalah fosil foraminifera besar (*Operculina*).

Gambar 4. Fotomikrograf batupasir dan batulempung. kuarsa polimineralik (Qp) dan kuarsa monomineralik (Qm) menunjukkan *secondary outgrowth*, panah berwarna merah (A) fargmen vulkanik (B), perulangan batupasir dan batulempung-batulanau yang berlapis baik (C), bidang belah pada batulempung berstruktur *slaty cleavage* (D).

Analisis Provenan

Analisis provenan dilakukan pada tujuh sampel sayatan tipis batupasir mewakili lintasan Berdasarkan urutan dari tua ke muda adalah sampel batupasir KP 13 lintasan Kali Poh, sampel LM 13 lintasan Kali Lebak Menak, sampel KP 20 lintasan Kali Poh, sampel KP 10 lintasan Kali Poh, sampel KW 17 lintasan Kali Watang, sampel KW 44 lintasan Kali Watang, dan paling muda sampel KP 6 lintasan Kali Poh. Provenan batupasir dilakukan dengan menghitung butiran komposisi kuarsa (Q), felspar (F), dan fragmen batuan (L) yang berukuran > 0.03 mm dengan total > 300 butiran (Dickinson, 1985). *Plotting* prosentase komposisi QFL mengacu *ternary diagram* klasifikasi Dickinson dan Suczek (1979).

Gambar 5. Keterdapatan fosil nanoplankton *Discoaster asymmetricus* (A) dan *Pontosphaera versa* (B) di dalam batulempung berlapis dan *Pontosphaera pulchra* (C & D) di dalam batulempung SKP 8 lintasan Kali Poh.

Hasil plot komposisi QmFLt pada *ternary diagram* Dickinson dan Suczek (1979) **Gambar 5** menunjukkan bahwa batupasir di daerah penelitian sebagian besar merupakan *recycled orogen* sub zona *quartzose recycled* dan *transitional*

Hasil rekapitulasi penghitungan jumlah kuarsa monokristalin (Qm), kuarsa polikristalin (Qp), plagioklas (P), K-felspar (KF), fragmen batuan vulkanik (Lv), fragmen batuan metamorf (Lm), fragmen batuan sedimen (Ls) disajikan dalam **Tabel 2**. Hasil rekapitulasi tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan normalisasi sebagaimana tampak pada **Tabel 3** yang kemudian diplot pada *ternary diagram* Dickinson dan Suczek (1979). *Ternary diagram Gambar 4* menunjukkan hubungan antara jumlah total kuarsa (Qt), felspar ($F = P + KF$), dan jumlah fragmen batuan vulkanik (Lv) dan batuan sedimen (Ls) ($L = Lv + Ls$). Yang terplot pada zona *recycled Orogen* pada *ternary diagram* (QtFL).

recycled. Tipe *recycled orogen* merupakan suatu kompleks yang sangat luas yaitu zona subduksi yang dapat berhubungan dengan zona pengangkatan, zona suture di sekitar *collision*, serta *foreland uplift*. Untuk mengetahui posisi yang lebih pasti dari batuan asal batupasir di daerah penelitian serta tatanan tektonik yang terjadi pada saat pengendapannya, perlu adanya pemisahan antara zona subduksi, zona *collision*, dan *arc orogen* di dalam kompleks *recycled orogen*. Hal ini dilakukan dengan menggunakan diagram QpLvLs Dickinson & Suczek (1979).

Diagram QpLvLs menunjukkan hubungan antara komposisi kuarsa polikristalin (Qp), fragmen batuan vulkanik (Lv), dan batuan sedimen (Ls) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6. Hasil plot komposisi QpLvLs pada diagram ini menunjukkan bahwa batuan sumber batupasir di daerah penelitian berasal dari percampuran *subduction complex* dan *collision suture fold-thrust*. Terdapat satu sampel batupasir (KP 20) yang berada di dalam *collision suture fold-thrust*.

Tabel 2. Rekapitulasi butir hasil *point counting*.

No	Sampel	Qp	Qm	P	KF	Lv	Lm	Ls	Total
1	KP 6	80	185	17	14	67	3	8	374
2	KP 10	67	242	7	10	35	3	4	368
3	KP 13	67	151	13	29	37	7	35	339
4	KP 20	52	199	12	19	14	2	32	330
5	KW 17	77	175	5	14	53	7	25	356
6	KW 44	73	194	17	30	80	13	16	423
7	LM 13	40	263	12	19	40	2	7	383

Tabel 3. Hasil normalisasi butiran penyusun masing-masing sampel batuan.

No	Sampel	Qt	F	L (Lv+Ls)	Qm	F	Lt (L+Qp)	Qp	Lv	Ls
1	KP 6	0.71	0.08	0.20	0.50	0.08	0.42	0.52	0.43	0.05
2	KP 10	0.85	0.05	0.11	0.66	0.05	0.29	0.63	0.33	0.04
3	KP 13	0.66	0.13	0.22	0.45	0.13	0.42	0.48	0.27	0.25
4	KP 20	0.77	0.09	0.14	0.61	0.09	0.30	0.53	0.14	0.33
5	KW 17	0.72	0.05	0.22	0.50	0.05	0.44	0.50	0.34	0.16
6	KW 44	0.65	0.11	0.23	0.47	0.11	0.41	0.43	0.47	0.09
7	LM 13	0.80	0.08	0.12	0.69	0.08	0.23	0.46	0.46	0.08

Keterangan:

(Qm) = kuarsa monokristalin; (Qp) = kuarsa polikristalin; (P) = plagioklas; (KF) = K-felspar; (Lv) = fragmen batuan vulkanik; (Lm) = fragmen batuan metamorf; (Ls) = fragmen batuan sedimen.

Gambar 6. Hasil plot QtFL pada *ternary diagram* Dickinson dan Suczek (1979).

Gambar 7. Hasil plot QmFLt pada *ternary diagram* Dickinson dan Suczek (1979) (Qm = kuarsa monokristalin, F = feldspar, Lt = fragmen batuan vulkanik + fragmen batuan sedimen + kuarsa polikristalin).

Illite Crystallinity (IC)

Penghitungan nilai *Illite Crystallinity* (IC) dilakukan untuk mengetahui suhu pembentukan mineral lempung yang diperkirakan berhubungan dengan mekanisme deformasi kenyal pada batupasir di dalam matrik lempung. Penentuan suhu dilakukan dengan menggunakan persamaan $T (^{\circ}\text{C}) = 353 - 206 \text{ IC } (\Delta^{\circ}2\theta)$ yang diusulkan oleh Hara dan Kurihara, (2010) dengan koefisien korelasi 0.92 dan kesalahan $\pm 30^{\circ}\text{C}$ (Mukoyoshi dkk, 2007 dalam Hara dkk., 2013). Nilai *Illite Crystallinity* (IC) diperoleh dengan cara menghitung lebar setengah puncak pada $10\text{\AA}$ dari refleksi dioktahedral illit (Kubler, 1967, 1968 dalam Eberl dan Velde, 1989). Hasil pengukuran nilai IC pada matrik lempung di daerah penelitian diperoleh nilai sekitar 0,632-0.714 (**Tabel 1**).

Gambar 8. Hasil plot QpLvLs pada ternary diagram Dickinson dan Suczek (1979) (Qp = kuarsa polikristalin, Lv = fragmen batuan vulkanik, Ls = fragmen batuan sedimen).

Berdasarkan persamaan tersebut diperoleh suhu sekitar $205.916 - 223.014^{\circ}\text{C} (\pm 30^{\circ})$. Hal ini mengindikasikan bahwa deformasi batupasir di dalam matrik lempung diperkirakan terjadi pada suhu tersebut. Hal ini juga menunjukkan bahwa satuan batuan batupasir daerah penelitian sudah mulai mengalami proses metamorfisme.

Tabel 1. Tabel hasil pengukuran nilai IC pada matrik lempung.

Kode Sampel	201	202	203	$\Delta 201$	$\Delta 202$	%Illite	IC ($\Delta 2\theta$) EG	Suhu (± 30)
KP 5	8.927	17.818	18.94	8.891	1.122	88	0.714	205.916
KP12	8.816	17.692	19.885	8.876	2.193	87	0.631	223.014
KP 18	8.994	17.892	20.948	8.898	3.056	85	0.714	205.916
LM 2	8.987	17.848	19.974	8.861	2.126	86	0.706	207.564
SS	9.024	17.833	20.918	8.809	3.085	86	0.691	210.654

SINTESIS REGIONAL

Keberadaan butiran fragmen batuan di daerah penelitian yang terdiri dari batuan beku vulkanik, batuan beku plutonik, batuan sedimen, serta kuarsit mengindikasikan bahwa batuan asal

batupasir di daerah penelitian berasal dari tatanan tektonik *collision orogen*. Dickinson & Suczek (1979) menyebutkan bahwa tatanan tektonik *collision orogen* secara umum didominasi oleh batuan sedimen-metasedimen, *melange* ofiolit,

batuan beku plutonik, dan batuan vulkanik. Sementara pada tatanan tektonik *foldthrust belt* didominasi oleh batuan sedimen.

Tatanan tektonik *collision orogen* di daerah penelitian diperkirakan berhubungan dengan tumbukan Mikro Kontinen Jawa Timur dengan bagian timur daratan Sunda pada Eosen Awal – Oligosen Awal (Sribudiyani dkk. 2003, Hall, 2012) yang menyebabkan terangkatnya kompleks akresi Karangsambung yang dikontrol oleh sesar-sesar naik. Tumbukan tersebut dapat mengangkat batuan dasar hingga tersingkap ke permukaan di dekat zona suture menghasilkan bentukan *nappes* dan *thrust sheet* (Dickinson & Suczek, 1979). Percampuran batuan hasil erosi kompleks akresi Karangsambung dengan batuan vulkanik yang terbentuk sebelumnya serta beberapa blok daratan Sunda yang ikut terangkat sebagian diinterpretasikan diendapkan pada lingkungan fluvial. Mekanisme sedimentasi ini menghasilkan endapan *molasse* yang didominasi oleh satuan batupasir dan batulempung pada bagian *wedge-top* cekungan *foreland*. Hasil erosi dari batuan yang terangkat menjadi sumber batupasir di daerah penelitian yang kemudian diendapkan pada *foreland basin* di depannya.

KESIMPULAN

1. Kehadiran “Batupasir Bulukuning” pada matriks lempung bersisik mencirikan keterlibatan tektonik yang berlangsung pada kala pasca Eosen atau Eo-Oligosen, yang merupakan peristiwa tumbukan dari mikrokontinen Jawa Timur.
2. Berdasarkan studi provenan batupasir menunjukkan bahwa satuan batuan sedimen di daerah penelitian merupakan *recycled orogen* yang berasal dari tatanan tektonik *collision orogen* yang diinterpretasikan sebagai peristiwa tumbukan Mikro Kontinen Jawa Timur pada Eosen Awal – Oligosen Awal.
3. “Batupasir Bulukuning” ini diendapkan pada cekungan *foreland basin* yang terisi oleh percampuran batuan hasil erosi

komplek akresi Karangsambung dengan batuan vulkanik yang terbentuk sebelumnya serta beberapa blok daratan Sunda yang ikut terangkat sebagian.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini merupakan bagian dari thesis penulis pertama makalah ini pada Program Studi Teknik Geologi ITB. Ucapan terimakasih disampaikan kepada Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI sebagai tempat penulis dalam melakukan serangkaian penelitian, serta rekan-rekan Balai Informasi dan Konservasi Kebumian LIPI Karangsambung yang telah membantu dalam kegiatan lapangan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Staf dan pembimbing dari Program Studi Teknik Geologi ITB yang telah memberikan kontribusi dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Asikin, S., (1974): Evolusi geologi Jawa Tengah dan sekitarnya ditinjau dari segi teori tektonik dunia yang baru, disertasi, Departemen Teknik Geologi Institut Teknologi Bandung, tidak dipublikasikan, 103 hal.
- Asikin, S., Handoyo, A., Busono, H., dan Gafoer, S., (1992): Peta geologi lembar Kebumen, Jawa skala 1 : 100.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Condon, W.H., Pardyanto, 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 kedua, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Dickinson, W.R., dan Suczek, C.A. (1979): Plate tectonics and sandstone compositions, *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **V. 63.**, No. 12, 2164-2182.
- Dickinson, W.R., (1985). Interpreting Provenance Relations from Detrital Modes of Sandstone. In: Zuffa, G.G. (ed.), 1990. Provenance of Arenites, NATO ASI Series, Series C:

- Mathematical and Physical Sciences* **Vol. 148**, 333-361.
- Eberl, D.D. dan Velde, B., (1989): Beyond the kubler index, *Clay Minerals*, **24**, 571-577.
- Hall, R., (2012): Late Jurassic–Cenozoic reconstructions of the Indonesian region and the Indian Ocean. *Tectonophysics*, **570–571**, 1–41.
- Hara, H., Kurihara, T., dan Mori, H., (2013): Tectono-stratigraphy and low-grade metamorphism of Late Permian and Early Jurassic accretionary complexes within the Kurosegawa belt, Southwest Japan: Implications for mechanisms of crustal displacement within active continental margin, *Tectonophysics*, **592**, 80-93.
- Harloff, Ch. E. A., (1933), Tolichting bij Blad (Banjarnegara) Geologische kaart van Java, 1: 100.000, Dienst v. d. Mijnbouw, Ned. Ind. 47 p.
- Harsolumakso, Agus H., C. Prasetyadi, B. Sapiie and M.E. Suparka, (2006), The Luk Ulo–Karangsambung Complex of Central Java, Indonesia; From Subduction to Collision Tectonics, Proceedings Persidangan Bersama, UKM – ITB, Langkawi, Malaysia.
- Harsolumakso, Agus H., B. Sapiie, M. Zain Tuakia, Sonny M. Kartanegara, M. Edo Marshal and Reza Indrayudha, (2016), Luk Ulo Melange Complex, Central Java, Indonesia; Characteristics, Origin and Tectonic Significance, Poster presented on 14th Annual Meeting, Asia Oceania Geosciences Society, August 2016, Beijing, China.
- Harsolumakso, Agus H., Alfend Rudyawan, Sonny M. Kartanegara, Edo Marshal, Eko Puswanto, and Reza Indrayudha, (2018), Collision Tectonics of the Luk Ulo Melange Complex, Central Java, Indonesia; A Hint of Cenozoic Collision of the SE Asia Margin, Poster presented on 15th Annual Meeting, Asia Oceania Geosciences Society, June, 2018, Honolulu, Hawaii.
- Ketner, K.B., Kastowo, Modjo, S., Naeser, C.W., Obradovich, J.D., Robinson, K., Suptandar, T., dan Wikarno., (1976): Pre-Eocene rocks of Java, Indonesia, *Journal of Research*, United State Geological Survey, **14**, 605-614.
- Parkinson, C.D., Miyazaki, K., Wakita, K., Barber, A.J., dan Carswell, D.A., (1998): An overview and tectonic synthesis of the pre-Tertiary very-highpressure metamorphic and associated rocks of Java, Sulawesi and Kalimantan, Indonesia. *The Island Arc*, **7**, 000-000, 184-200.
- Prasetyadi, C., (2007): Evolusi tektonik Paleogen Jawa bagian timur, Disertasi Jurusan Teknik Geologi ITB, tidak dipublikasi, 325 hal.
- Sribudiyani, Muchsin, M., Ryacudu, R., Kunto, T., Astono, P., Prasetya, I., Sapiie, B., Asikin, S., Harsolumakso, A.H., dan Yulianto, I., (2003): The collision of the East Java microplate and implication for hydrocarbon occurrences in the East Java Basin, 29th Annual Convention, Jakarta, Indonesian Petroleum Association Proceedings, **IPA03-G-085**.
- Tuakia, M. Zain, Benyamin Sapiie dan Agus H. Harsolumakso, (2015), Karakteristik dan Deformasi pada Satuan Larangan, Banjarnegara, JawaTengah, *Buletin Geologi*, v.42, No. 1. p-41-57.
- Suparka, M.E., (1988): Studi petrologi dan pola kimia kompleks ofiolit Karangsambung utara Luh Ulo, Jawa Tengah, Evolusi geologi Jawa Tengah, Disertasi Jurusan Teknik Geologi ITB, tidak dipublikasikan, 181 hal.
- Van Bemmelen, R.W., (1949): The geology of Indonesia: General geology of Indonesia and adjacent archipelago, **Vol. 1A**, Government Printing Office, Nijhoff, The Hague, 732 p.