



Formasi Sabu Sebagai Endapan Kolisi Busur Gunungapi Woyla dengan Lempeng Sumatra Barat

Angga Jati Widiatama^{1,2*}, Rezki Naufan Hendrawan^{1,2}, Evan Rosyadi Ogara¹, Lauti Dwita Santy³,
Vallery Ingrid Evitayanti¹, Lammartua Satria Nusatara Sagala¹

¹ Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi Sumatera

² Pusat Riset dan Inovasi Teknologi Mineral dan Kebumihan, Institut Teknologi Sumatera

³ Pusat Survei Geologi, Badan Geologi

Abstrak

Geologi wilayah Lampung relatif masih memiliki referensi yang rendah khususnya tentang formasi batuan sedimen. Salah satu formasi batuan sedimen di Lampung adalah Formasi Sabu yang tersusun atas konglomerat aneka bahan, batupasir, dan batulempung berumur Paleosen hingga Oligosen yang belum diteliti karakteristik batuan asalnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi jenis provinsi tektonik sedimen Formasi Sabu menggunakan metode modal komposisi dengan metode perhitungan *point counting* terhadap dua belas sampel sayatan tipis yang diambil dari hasil pengukuran penampang stratigrafi setebal 47 m. Formasi Sabu pada lokasi penelitian dapat dibagi menjadi tiga segmen, segmen bawah memiliki provenan dari provinsi tektonik *recycled orogen*, segmen tengah memiliki provinsi tektonik *dissected arc* hingga *basement uplift*, segmen atas memiliki provenan dari *dissected arc* yang berupa *plutonic magmatic arc*. Variasi provinsi tektonik ini disebabkan akibat kondisi sumber sedimen berasal dari pegunungan hasil tabrakan antara busur gunungapi Woyla dan *terrane* Sumatra Barat yang menjadi sumber sedimen provinsi tektonik *recycled orogen* dan *magmatic arc*. Tabrakan busur gunungapi Woyla dan *terrane* Sumatra Barat secara diakronus ditafsirkan memicu terbentuknya sesar mendatar besar yang memicu tersingkapnya batuan alas berupa pluton granit yang menjadi sumber provinsi *basement uplift* hingga *plutonic magmatic arc*. Formasi Sabu diinterpretasikan terendapkan pada cekungan *pull apart* yang terbentuk dari sistem sesar mendatar yang terbentuk pada umur Paleogen.

Kata kunci: Provenan; Formasi Sabu; Sutar Busur Woyla-Sumatra Barat; Lampung

Abstract

The geology of the Lampung region still relatively lacks geological information, especially regarding sedimentary rock formations. One of the sedimentary rock formations in Lampung is the Sabu Formation composed of poly-mix conglomerates, sandstones, and claystones of Paleocene to Oligocene age which has not been studied for their provenance characteristics. This study aims to determine variations of sedimentary tectonic provinces in the Sabu Formation using the modal composition method with the point counting method of twelve petrographic samples taken from measurements of a 47 m thick stratigraphic cross-section. The Sabu Formation at the study site can be divided into three segments, the lower segment has provenance from recycled orogeny tectonic provinces, the middle segment has dissected arc tectonic provinces to basement uplifts, and the upper segment has provenance from dissected arc in the form of a plutonic magmatic arc. The collision between Woyla volcanic arc and the West Sumatra terrane This variation in tectonic provinces is caused by the condition of the sediment source originating from the mountains resulting from the collision between the Woyla volcanic arc and the terrane of West Sumatra which is the source of sediment for the recycled orogen and magmatic arc tectonic provinces. While the diachronous collision between Woyla volcanic arc and the West Sumatra terrane also triggers the formation of a major strike-slip which leads to granite exhumation as the source of the basement uplift to the plutonic

*) Korespondensi: anggajatiwidiatama@gmail.com

Diajukan : 10 Januari 2022

Diterima : 2 September 2022

Diterbitkan : 1 November 2022

magmatic arc province. The Sabu Formation is deposited in a pull-apart basin formed from a strike-slip system in Paleogene.

Keywords: Provenance; Sabu Formation; Lampung, Woyla arc-West Sumatra suture

PENDAHULUAN

Istilah provenan berasal dari bahasa Perancis *provenir*, yang berarti asal usul (Pettijohn dkk., 1987). Penyelidikan provenan atau batuan asal sangat penting dalam mempelajari batuan sedimen karena mampu memberikan informasi tentang provinsi tektonik sedimen berasal, proses transportasi sedimen, dan proses pengendapan sedimen (Dickinson dan Suczek, 1979; Ingersoll dan Suczek, 1979; Dickinson dkk., 1983; Yerino dan Maynard, 1984). Provinsi tektonik dapat diketahui dari perbandingan komposisi kuarsa (Q), feldspar (F), dan pecahan batuan (L) dari suatu batuan sedimen (Dickinson, 1985).

Penyelidikan batuan sedimen di wilayah Lampung relatif minim dilakukan, hal ini disebabkan karena secara geologi wilayah Lampung merupakan tinggian batuan alas yang berimplikasi litologi penyusunnya didominasi batuan kristalin (Wilson, 2005; Milsom dan Walker, 2005; Crow, 2005) sehingga hanya membentuk cekungan sedimen yang tipis (De Smet dan Barber, 2005). Selain itu, aksesibilitas dan kondisi vegetasi berupa hutan yang lebat dan pelapukan yang tinggi menjadi hambatan dalam penyelidikan geologi lapangan (Mangga dkk., 1994; Barber dkk., 2005). Salah satu singkapan formasi batuan sedimen di wilayah Lampung adalah Formasi Sabu yang saat ini tersingkap baik di sekitar wilayah Teluk Ratai, Pesawaran akibat pembukaan jalan baru. Menurut Mangga dkk. (1994) Formasi Sabu diendapkan pada lingkungan fluvial menindih batuan pra-Kenozoikum (Kompleks batuan metamorf Gunungkasih) secara tidak selaras. Formasi Sabu ditindih secara tidak selaras oleh batuan gunungapi Formasi Hulusimpang yang berumur Oligosen-Miosen dan juga Endapan Gunungapi Ratai.

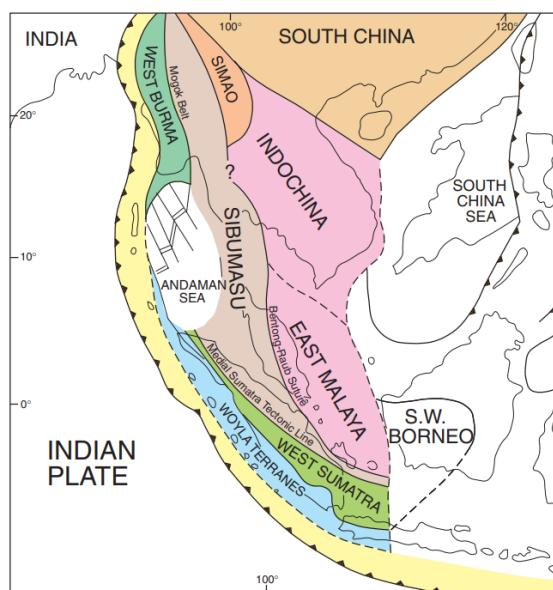
Formasi Sabu secara regional hanya tersingkap di Lajur Bukit Barisan yang merupakan wilayah yang dipengaruhi oleh sesar mendatar Sumatra sehingga membentuk jajaran gunungapi serta pegunungan lipatan (Mangga dkk., 1994). Formasi ini tersingkap hanya di wilayah Teluk Ratai, Pesawaran dan tidak menyebar ke wilayah lain di Lampung (Mangga

dkk., 1993), penyebab terbatasnya formasi ini masih belum diteliti lebih jauh.

Berdasarkan peta batas *terrane* (Barber dan Crow, 2009) lokasi penelitian berada pada akresi busur gunungapi Woyla/Woyla *nappe* diatas *terrane* Sumatra Barat (Gambar 1). Busur gunungapi Woyla merupakan kerak besar terakhir yang bergabung membentuk Pulau Sumatra pada Kapur Akhir (Barber, 2000; Hall, 2012; Metcalfe, 1996, 2013; Zahirovic dkk., 2016) sehingga menyebabkan terjadinya metamorfisme batuan Kompleks Gunungkasih dan juga pengangkatan secara regional (Barber dan Crow, 2009). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis provinsi tektonik sedimen pementuk batuan sedimen Formasi Sabu serta dinamika perubahan provinsi tektonik sumber batuan sedimen.

METODOLOGI

Lokasi penelitian berada di area Militer Lanal Lampung, Teluk Ratai yang berjarak 50 km dari Tanjungkarang (Gambar 2). Pengambilan data mencakup pembuatan penampang stratigrafi terukur pada satu singkapan menerus dengan panjang terkoreksi 47 meter, pembuatan sayatan batuan (*slab*), dan pembuatan sayatan tipis.



Gambar 1. Peta batas *terrane* (Barber dan Crow, 2009)

Analisis provenan dilakukan terhadap dua belas sampel sayatan tipis batupasir. Analisis menggunakan alat mikroskop polarisasi dengan metode *poin counting* terhadap 12 sampel sayatan tipis sesuai metode yang dikenalkan Gazz-Dickinson (Ingersoll dkk., 1984). Interval besar butir yang digunakan dalam metode ini adalah antara 0,0625 s.d. 2 mm (pasir halus hingga pasir sangat kasar). Komponen butir yang berukuran kurang dari 0,0625 mm akan digolongkan sebagai matrik sedangkan yang lebih dari 2 mm akan diklasifikasikan sebagai fragmen batuan. Sampel *poin counting* mencakup 580 poin setiap satu sayatan.

Perhitungan komponen mencakup kuarsa, plagioklas, dan fragmen batuan yang akan diplot dalam diagram segitiga Qt-F-L, Qm-F-Lt, dan Qp-Lvm-Lsm (Dickinson dkk., 1983), segitiga Qp-Lvm-Lsm dan Lm-Lv-Ls (Ingersoll dan Suczek, 1979), dan Segitiga Qt-F-L (Yerino dan Maynard, 1984). Tekstur batupasir juga dideskripsi berupa kontak butir (berdasarkan Taylor, 1950), derajat kebundaran (berdasarkan Powers, 1953), dan sortasi (berdasarkan Folk, 1968). Nama batuan yang tersusun dari silisiklastik menggunakan penamaan petrografi berdasarkan klasifikasi Pettijohn dkk. (1987).

HASIL

Pembuatan penampang stratigrafi terukur diambil sepanjang 47 meter (Gambar 7). Formasi Sabu di daerah penelitian dapat dibagi menjadi tiga segmen berbeda berdasarkan deskripsi megaskopis berupa litologi, tekstur batuan, dan struktur sedimen, yaitu segmen bawah, segmen tengah dan bagian segmen atas (Gambar 3A).

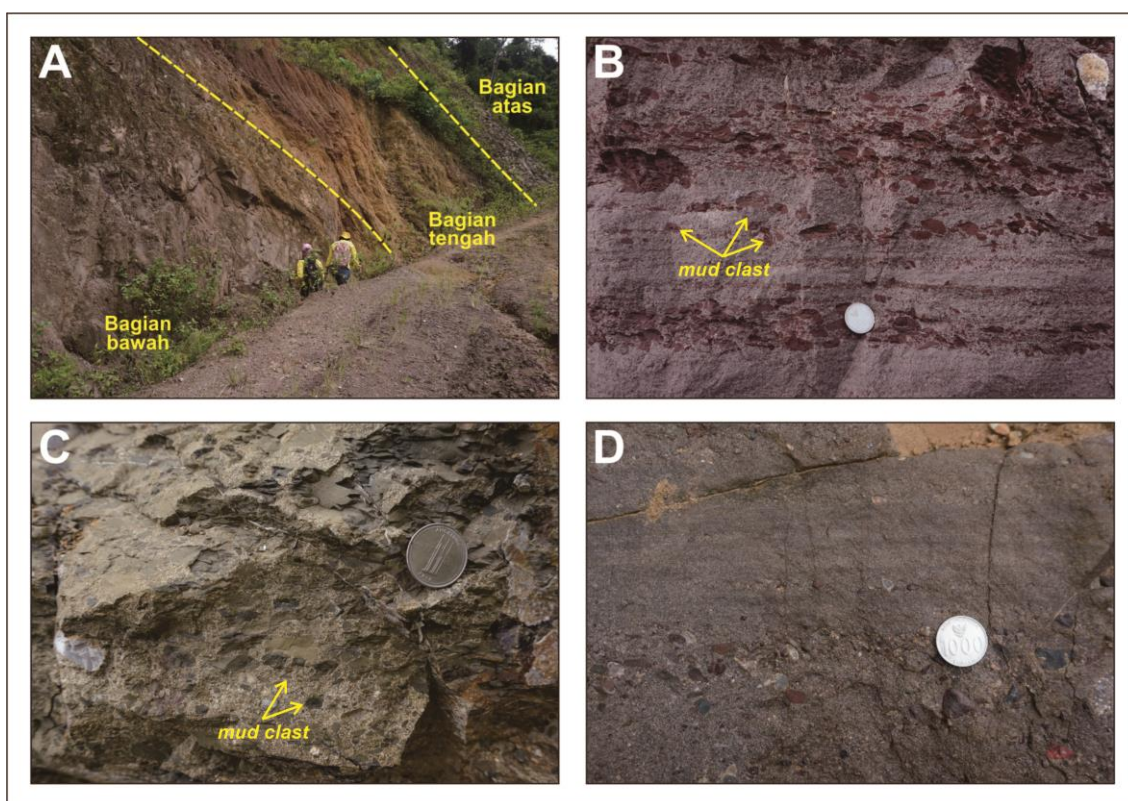


Gambar 2. Lokasi penelitian berada di Bukit Menango, Kecamatan Padangcermin, Kab. Pesawaran

Segmen bawah memiliki tebal 27 meter terdiri dari batulempung merah, konglomerat terdukung matrik. Konglomerat menunjukkan geometri *channel*, akresi lateral, perlapisan berangsur menghasul keatas, dan laminasi batupasir sedang hingga batupasir halus. *Mud clast* berupa batulempung merah menunjukkan bentuk membulat hingga membulat tanggung, menunjukkan penjajaran butir pada matriks batupasir berwarna abu-abu keunguan. Batupasir memiliki ketebalan lapisan berkisar antara 10-25cm (Gambar 3B). Segmen tengah memiliki ketebalan 13 meter, terdiri dari konglomerat dengan fragmen berupa *mud clast* lempung abu-abu kehijauan (Gambar 3C) yang keatas berangsur menjadi batupasir feldspatik konglomeratan dengan struktur sedimen laminasi dan tebal lapisan berkisar antara 5 s.d. 20 cm. Segmen atas terdiri dari batupasir sedang hingga batupasir halus, setempat dijumpai lensa konglomerat. Batupasir berstruktur menghalus keatas, laminasi, hingga *ripple* dengan ketebalan terukur 7 meter (Gambar 3D). Konglomerat membentuk geometri *channel* dan menunjukkan akresi lateral. Penampang stratigrafi terukur pada daerah penelitian ditunjukkan pada Gambar 5.

Petrografi

Total 12 sampel sayatan batupasir terdiri dari lima sampel segmen bawah, empat sampel segmen tengah, dan tiga sampel segmen atas (Gambar 7). Petrografi segmen bawah memiliki tekstur ukuran butir pasir halus hingga pasir kasar, pemilahan buruk hingga agak buruk, hubungan antar butir kontak titik hingga kontak memanjang. Batupasir segmen bawah diklasifikasikan sebagai *lithic arenite* (Gambar 4). Petrografi segmen tengah memiliki tekstur ukuran butir pasir sangat halus hingga pasir sedang, pemilahan baik hingga sangat baik, hubungan antar butir kontak titik hingga kontak cekung cembung. Batupasir segmen tengah diklasifikasikan sebagai *lithic arenite* hingga *arkosic arenite* (Gambar 4). Petrografi segmen atas memiliki tekstur ukuran butir pasir sangat halus hingga pasir sedang, pemilahan agak baik hingga agak buruk, hubungan antar butir kontak poin hingga kontak cekung cembung. Batupasir segmen atas diklasifikasikan sebagai *arkosic arenite* (Gambar 4). Berdasarkan tingkat kematangan tekstur (Folk, 1951) batupasir Formasi Sabu di daerah penelitian bagian bawah



Gambar 3. (A) Singkapan Formasi Sabu di Teluk Ratai, Pesawaran (B) Batupasir laminasi dengan *mud clast* berupa batulempung merah yang terorientasi, (C) Konglomerat dengan fragmen berupa *mud clast* (D) Lensa konglomerat yang membentuk akresi lateral dan batupasir berstruktur menghalus keatas.

dan atas memiliki tingkat kematangan *submature* sedangkan bagian tengah memiliki tekstur yang *mature*.

Karakteristik Komposisi Batupasir Formasi Sabu

Karakteristik komposisi suatu batuan dapat diketahui dari sebaran komponen baik mineral, pecahan batuan, matrik, maupun semen yang dapat diamati pada sayatan tipis. Berdasarkan pengamatan tersebut, batupasir Formasi Sabu tersusun atas kuarsa kristal tunggal (Qm), kuarsa kristal jamak (Qp), feldspar (F), pecahan batuan (L), matrik, dan semen.

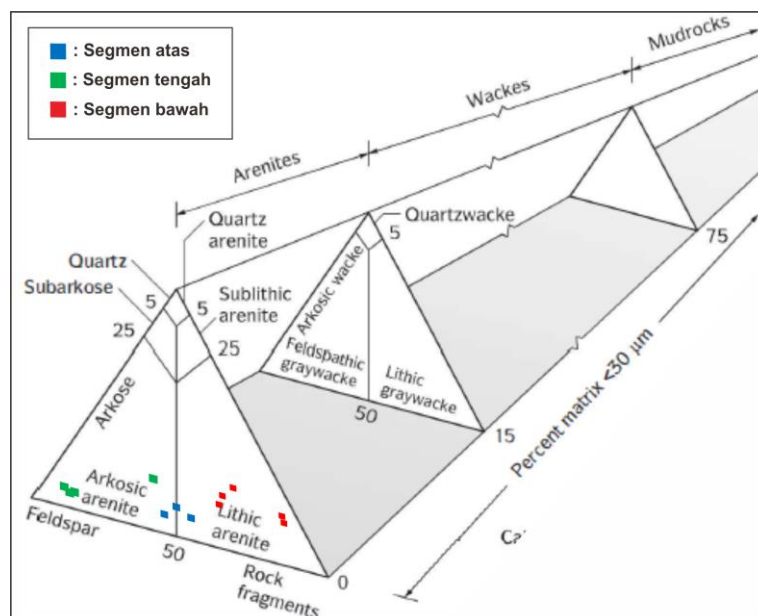
Kuarsa kristal tunggal (Qm)

Kuarsa kristal tunggal yang dijumpai pada sampel daerah penelitian umumnya berbentuk euhedral hingga subhedral, kebendarannya meruncing tanggung hingga membulat tanggung (Gambar 5). Pada sayatan tipis teramati dua jenis kuarsa yaitu kuarsa dengan pepadaman tak bergelombang (*non-undulatory*) serta kuarsa dengan pepadaman bergelombang (*undulatory*).

Kuarsa dijumpai sebagai mineral penyusun dominan pada segmen bawah (16,38%-25,34%) yang memiliki pola relatif mengalami penurunan persentase hingga pada segmen tengah mineral kuarsa memiliki persentase paling rendah (6,03%-7,76 %). Selanjutnya mineral kuarsa mengalami peningkatan persentase pada segmen atas (7,41%-11,55%) namun relatif masih lebih sedikit dibandingkan segmen bawah.

Kuarsa kristal jamak (Qp)

Terdapat tiga jenis kuarsa kristal jamak pada daerah penelitian yaitu Qp yang tersusun oleh 2-3 kristal kuarsa, Qp tersusun oleh lebih dari tiga kristal kuarsa tunggal, dan Qp berupa rijang. Kuarsa kristal jamak memiliki bentuk kristal yang menyudut hingga membulat tanggung, ukuran kristal yang relatif lebih besar dibandingkan kuarsa kristal tunggal berkisar antara pasir sedang-pasir kasar. Kuarsa kristal jamak dijumpai relatif melimpah pada segmen bawah (21,38%-59,48 %) dibandingkan segmen tengah. Jumlah kuarsa kristal jamak memiliki pola relatif mengalami penurunan persentase



Gambar 4. Hasil penamaan batuan sedimen Formasi Formasi Sabu pada diagram segitiga Pettijohn dkk. (1987).

hingga pada segmen tengah mineral kuarsa memiliki persentase paling rendah (1,21%-8,97%). Mineral kuarsa mengalami peningkatan kembali pada segmen atas (23,10%-26,55%) namun relatif masih lebih sedikit dibandingkan segmen bawah.

Feldspar (F)

Mineral feldspar dijumpai kebanyakan berupa alkali feldspar dan dalam jumlah sedikit plagioklas feldspar, berbentuk euhedral hingga anhedral. Mineral feldspar dijumpai paling melimpah pada segmen tengah daerah penelitian yang umumnya dijumpai pada kondisi telah mengalami ubahan menjadi mineral lempung. Persentase mineral feldspar relatif kecil pada segmen bawah (5,17%-27,07%) dibandingkan segmen tengah (46,21%-82,76%). Mineral feldspar mengalami penurunan konsentrasi kembali pada segmen atas (40,52%-49,83%) namun relatif masih lebih banyak dibandingkan segmen bawah.

Pecahan batuan (L)

Pecahan batuan hadir dalam persentase yang bervariasi pada setiap segmen yang secara keseluruhan berkisar antara (3,97%-35,69%). Pecahan batuan/litik terdiri dari pecahan batuan beku (Lv) dan metabatuan beku (Lvm), pecahan batuan sedimen (Ls) dan metabatuan sedimen (Lsm), dan pecahan batuan metamorf (Lm). Pada pecahan batuan beku dijumpai basal, andesit serta gabbro (Gambar 5C). Pada batuan

sedimen dijumpai batupasir, batulempung, dan rijang (Gambar 5D). Pecahan batuan metamorf terdiri dari marmer, kuarsit, filit, sekis kuarsa-mika dan sekis kuarsa-mika garnet (Gambar 5D).

Matrik

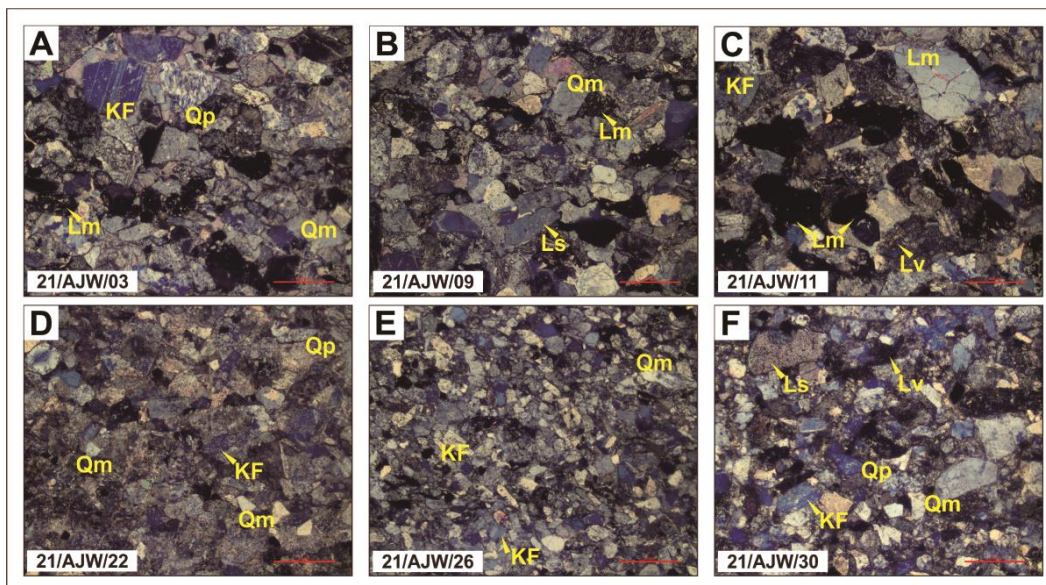
Dari dua belas sampel petrografi daerah penelitian menunjukkan jumlah matriks berkisar antara 0,17%-1,55% berupa butiran berukuran lanau hingga lempung yang berupa material *terrigenous*. Rendahnya persentase matriks pada sampel menandakan memiliki tekstur *mature*.

Semen

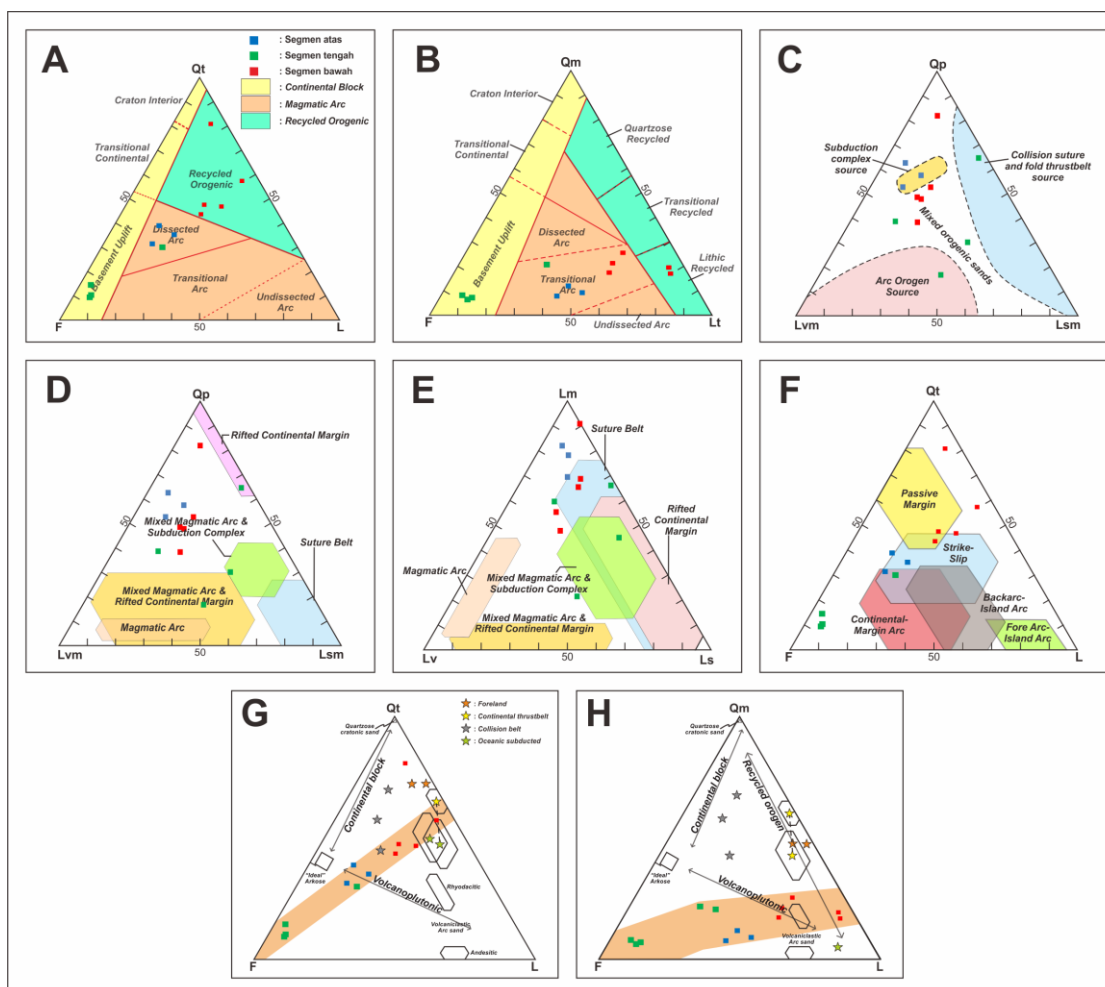
Semen silika merupakan jenis semen yang umum dijumpai berbentuk *overgrowth* pada kontak butiran kuarsa yang saling kontak dengan butiran lainnya. Mineral aksesori hadir dalam jumlah kecil berupa mika, dan mineral opak.

Provenan Batupasir Formasi Sabu

Berdasarkan diagram segitiga Qt-F-Lt (Dickinson dkk., 1983), menunjukkan segmen bawah daerah penelitian masuk dalam provinsi *recycled orogen*, segmen tengah masuk dalam provinsi *Dissected arc* dan *Basement uplift*, sedangkan segmen atas masuk dalam provinsi *Dissected arc* (Gambar 6A). Pada segitiga Qm-F-L (Dickinson dkk., 1983) menunjukkan segmen bawah masuk dalam provinsi *Lithic recycled* dan *Transitional arc*, segmen tengah masuk dalam provinsi *basement uplift* dan



Gambar 5. Karakteristik petrografi Formasi Sabu pada daerah penelitian (A, B) Segmen atas, (C, D) Segmen tengah, (E, F) Segmen atas.



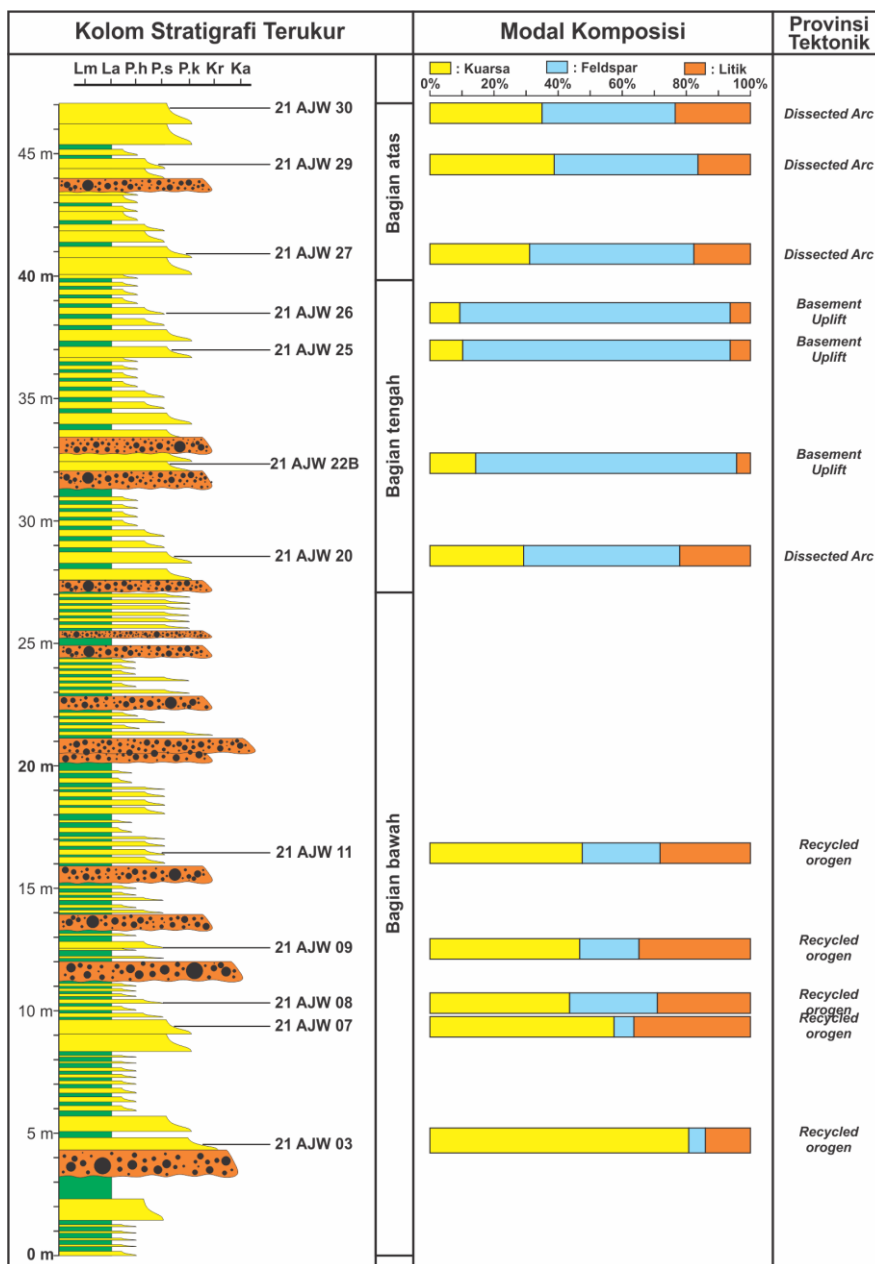
Gambar 6. Diagram diskriminan tektonik (A) Diagram Qt-F-Lt (Dickinson dkk., 1983), (B) Diagram Qm-F-L (Dickinson dkk., 1983), (C) Diagram Qp-Lvm-Lsm (Dickinson dan Suczek, 1979), (D) Qp-Lvm-Lsm (Ingersoll dan Suczek, 1979), (E) Diagram Lm-Lv-Ls (Ingersoll dan Suczek, 1979), (F) Diagram Qt-F-L (Yerino dan Maynard, 1984), (G,H) Provenan Formasi Sabu pada diagram Dickinson (1985).

Transitional arc, sedangkan segmen bagian atas masuk dalam provinsi *Transitional arc* (Gambar 6B).

Pada diagram Qp-Lvm-Lsm (Dickinson dan Suczek, 1979) sampel segmen bawah berada pada *mixed orogenic sands*, sampel segmen tengah berada pada *Mixed orogenic sands* dan *Arc orogen source*, sedangkan sampel pada segmen atas berada pada *subduction complex source* dan *Mixed orogenic sands* (Gambar 6C). Pada diagram Qp-Lvm-Lsm (Ingersoll dan Suczek, 1979) sampel bagian bawah, bagian tengah, dan bagian atas berada diantara *Rifted*

continental margin, *Mixed magmatic arc*, dan *Subduction complex* (Gambar 6D). Pada diagram Lm-Lv-Ls (Ingersoll dan Suczek, 1979) mayoritas sampel dari segmen bawah dan segmen atas berada pada provinsi tektonik *suture belt* sedangkan sampel segmen tengah tersebar pada *suture belt*, *rifted continental margin*, serta *mixed magmatic arc and subduction complex* (Gambar 6E).

Pada diagram Qt-F-L (Yerino dan Maynard, 1984) menunjukkan segmen bawah masuk dalam provinsi *strike slip-passive margin*, segmen tengah masuk dalam provinsi *strike*



Gambar 7. Penampang stratigrafi Formasi Sabu lintasan Teluk Ratai, Pesawaran, Lampung.

slip-continental margin arc dengan tiga sampel berada diluar wilayah *continental margin arc* sedangkan segmen atas masuk dalam provinsi *strike slip-continental margin arc* (Gambar 6F). Berdasarkan diagram diskriminan provinsi tektonik, sampel Formasi Sabu pada daerah penelitian memiliki asal dari tiga tatanan tektonik berbeda dari *Continental block*, *Magmatic arc*, dan *Recycled orogen*. Hal tersebut dapat ditafsirkan bahwa material sedimen pembentuk Formasi Sabu berasal dari beragam tatanan tektonik yang saling terhubung satu dengan yang lainnya pada satu sistem sumber sedimen. Hal tersebut diperkuat dengan hasil diagram diskriminan Qp-Lvm-Lsm (Dickinson dan Suczek, 1979), Qp-Lvm-Lsm (Ingersoll dan Suczek, 1979), dan Lm-Lv-Ls (Ingersoll dan Suczek, 1979) yang menunjukkan pecahan batuan sebagai material *terrigenous* berasal dari orogenesis campuran yang didalamnya termasuk busur magmatik dan juga suture akibat kolisi atau kompleks *fold thrustbelt*.

Berdasarkan diagram kecenderungan provenan menurut diagram Dickinson (1985) menunjukkan batuan sedimen Formasi Sabu pada daerah penelitian terkonfirmasi berasal dari kondisi tektonik yang beragam (Gambar 6G dan 6H). Sedimen Formasi Sabu pada daerah penelitian memiliki provinsi asal sedimen dari *oceanic subducted*, *foreland*, *continental thrust belt*, *collisional belt*, hingga *basement uplift* yang dipengaruhi oleh keberadaan sesar mendatar (*strike slip*). Kondisi ini terjadi bila batuan sumber sedimen berasal dari hasil interaksi lempeng yang menyebabkan semua provinsi tersebut dapat tersingkap dan menjadi batuan sumber (Dickinson, 1985).

DISKUSI

Berdasarkan analisis provenan Formasi Sabu memiliki beragam provinsi tektonik batuan asal. Hal ini diinterpretasikan akibat adanya tabrakan antara dua lempeng tektonik yang membentuk Sumatra. Tabrakan antara *terrane* Sumatra Barat dengan busur gunungapi Woyla menyebabkan pembentukan pegunungan/orogenesis yang menyingkap batuan dari kedua *terrane*. Menurut Barber (2000), Zahirovic dkk. (2016) dan Advokaat dkk. (2018) tabrakan dan pengangkatan ini terjadi pada Kapur Akhir bagian awal yang dimulai terjadi di utara Sumatra dan berlangsung secara diakronus

kearah selatan sehingga wilayah Lampung mengalami tabrakan dan pengangkatan relatif paling akhir jika dibandingkan dengan bagian lain dari Pulau Sumatra. Selain membentuk sabuk pegunungan lipatan, tabrakan yang diakronus juga berimplikasi terbentuk sesar mendatar pada batas antar-*terrane* (Wajzer dkk., 1991; Barber, 2000; Advokaat dkk., 2018). Kehadiran sesar mendatar dapat menyebabkan terbentuknya *transpression* yang mengangkat batuan sedimen. sedangkan *transtension* akan menyebabkan terbentuknya cekungan *pull apart* yang mengendapkan batuan pada lingkungan fluvial hingga lakustrin.

Batuan dengan seting tektonik *oceanic subducted* ditunjukkan dengan pecahan rijang, basal, andesit serta gabbro diinterpretasikan berasal dari batuan busur gunungapi Woyla yang terakresi. Batuan yang berasal dari *foreland* dan *continental thrust belt* memiliki plot yang berdekatan akibat asal batuan yang bersumber dari pengangkatan tepi kontinen sehingga ditafsirkan bersumber dari bagian dari *terrane* Sumatra Barat yang terangkat yang ditunjukkan dengan pecahan batuan sedimen. Sedangkan batuan dengan seting tektonik *collisional belt* berasal dari bagian busur gunungapi Woyla yang bertabrakan langsung dengan *terrane* Sumatra Barat sehingga membentuk sabuk lipatan yang ditunjukkan dengan pecahan batuan metamorf berupa marmer, kuarsit, filit, sekis kuarsa-mika dan sekis kuarsa-mika garnet.

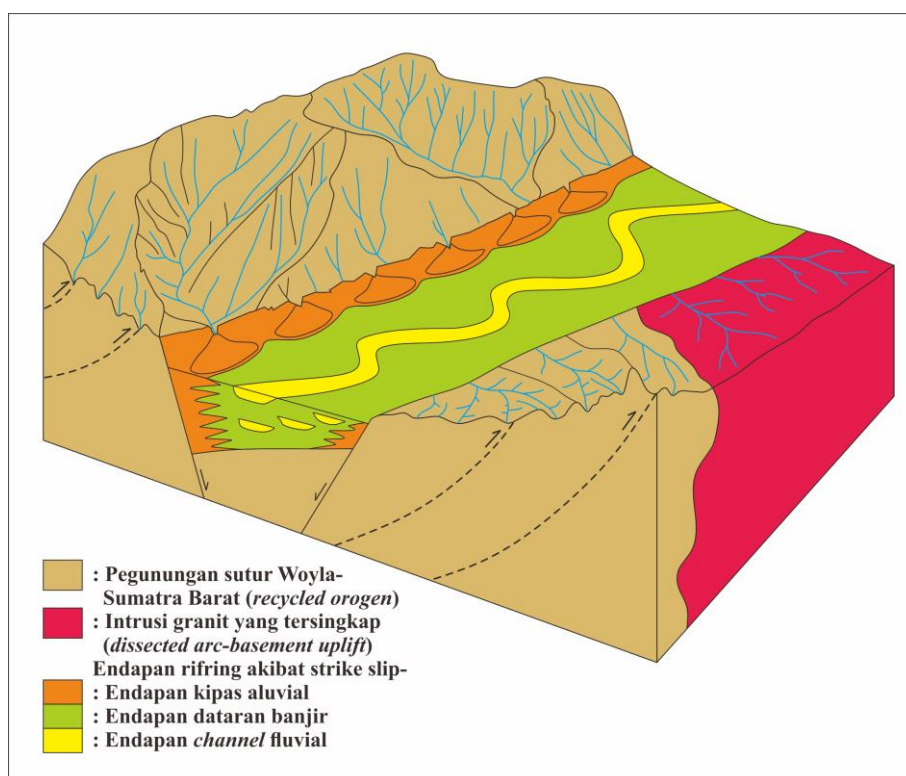
Tabrakan busur gunungapi Woyla terjadi secara miring (Barber, 2000; Advokaat dkk., 2018) sehingga akan disertai dengan pembentukan sesar mendatar seperti yang terjadi pada Sumatra modern (Barber dan Crow, 2009; Fernandez-Blanco dkk., 2016). Batas tabrakan kedua *terrane* ini kemudian membentuk sesar mendatar yang menghasilkan tinggian sebagai sumber sedimen dan juga menghasilkan cekungan berumur Kapur Akhir hingga Paleogen yang menjadi lokasi pengendapan sedimen. Pembentukan sesar mendatar dapat menyebabkan terjadinya ekshumasi granit (misalnya Hennig dkk. 2017) yang menjadi sumber melimpahnya mineral kuarsa kristal tunggal pada segmen tengah daerah penelitian. Hal tersebut mendukung penelitian McCourt dkk. (1996) yang menggambarkan bahwa terdapat sabuk pluton yang tersingkap di Lajur Bukit Barisan dan berorientasi searah Pulau Sumatra. Pluton Granit di wilayah Lampung

berumur Kapur Akhir bagian awal hingga Kapur Akhir bagian akhir ini yang selanjutnya tersingkap dan menjadi sumber kuarsa dan feldspar yang melimpah pada batuan sedimen Formasi Sabu.

Umur Formasi Sabu masih menjadi perdebatan hingga saat ini karena tidak ditemukannya fosil yang merujuk umur relatif formasi ini. Kondisi sedimen yang mengalami oksidasi kuat menyebabkan preservasi mikrofosil relatif minim dan sukar dijumpai oleh karena itu perkiraan umur Formasi Sabu merujuk pada Mangga dkk. (1994) yang menyatakan bahwa Formasi Sabu berumur Paleogen. Hal ini mempertimbangkan keberadaan sumber berupa busur magmatik berupa pluton di Lampung yang menurut McCourt dkk. (1996) berumur paling tua adalah Kapur Akhir.

Berdasarkan karakteristik provenannya, batuan sedimen Formasi Sabu merupakan endapan Molasse hasil tabrakan antara *terrane* Woyla dan *terrane* Sumatra Barat berumur Paleogen yang menyebabkan berbagai provinsi tektonik muncul dalam provenan batupasirnya. Analogi modern dari peristiwa tabrakan ini adalah antara busur gunungapi Banda dengan tepi kontinen Australia (Harris, 2006; Audley-

Charles, 2011; Hall, 2012) yang menyingkap batuan berafinitas Asia (alokton) dan juga batuan berafinitas Gondwana dan Australia (paraautokton) di sebelah utara Pulau Timor serta membentuk pegunungan lipatan (*thrust foldbelt*) pada bagian selatan Pulau Timor yang mengalami erosi dan mengendapkan batuan sedimen berisi sikuen Viqueque. Sikuen Viqueque berisi sedimen aneka bahan berkompaksi rendah hasil tabrakan antara busur gunungapi Banda dengan tepi kontinen Australia berumur Pliosen hingga Kuartar (Sawyer dkk., 1993; Rosidi dkk., 1996; Charlton, 2001; Audley-Charles, 2011). Analog modern lain dari pembentukan endapan sedimen ini juga dapat dijumpai di Sulawesi (Hamilton, 1979; Smith dan Silver, 1991; Hall, 2002; 2012a; Nugraha dan Hall, 2018) yang merupakan hasil tabrakan mikrokontinen Gondwana dengan bagian dari berafinitas Asia. Ekskhumasi pluton granit berumur Miosen disekitar sesar besar Sumatra segmen Semangko (Bellon dkk., 2004) dapat dijadikan analog modern proses yang pernah terjadi pada sesar mendatar akibat kolisi *Terrane* Woyla dan *Terrane* Sumatra Barat. Model batuan asal Formasi Sabu ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Model tektonik Pegunungan Bukit Barisan Tua sumber provenan Formasi Sabu.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan provenan Formasi Sabu dapat dibagi menjadi dua sumber utama, Formasi Sabu berasal dari tiga provinsi tektonik yaitu *recycled orogenic, dissected arc*, dan *basement uplift*. Formasi Sabu pada lokasi penelitian dapat dibagi menjadi tiga segmen, segmen bawah memiliki provenan dari provinsi tektonik *recycled orogen*, segmen tengah memiliki provinsi tektonik *dissected arc* hingga *basement uplift*, segmen atas memiliki provenan dari *dissected arc* yang berupa *plutonic magmatic arc*. Variasi provinsi tektonik ini disebabkan akibat batuan sumber sedimen berasal dari sutur *terrane* Woyla dan *terrane* Sumatra Barat yang membentuk pegunungan lipatan sehingga menyingkap berbagai jenis batuan serta adanya penyingkapan batuan alas akibat ekshumasi batuan pluton dipicu oleh sesar mendatar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada Komandan Lanal Lampung serta Komandan Brigade Infanteri IX Beruang Hitam yang memberikan izin akses menuju lokasi penelitian, para *reviewer* yang telah memberi saran sehingga penelitian ini lebih baik serta M. Adrio N., Mario Napitupulu, Dwiki Permata Hati, dan Siffa Huzaifah yang telah membantu dalam pengambilan data lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Advokaat, E. L., Bongers, M. L., Rudyawan, A., BouDagher-Fadel, M. K., Langereis, C. G., dan van Hinsbergen, D. J., 2018. Early Cretaceous origin of the Woyla arc (Sumatra, Indonesia) on the Australian plate. *Earth and Planetary Science Letters*, 498, 348-361. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2018.07.001>
- Audley-Charles, M. G., 2011. Tectonic post-collision processes in Timor. *Geological Society, London, Special Publications*, 355(1), 241-266. DOI: 10.1144/SP355.12
- Barber, A. J., 2000. The origin of the Woyla Terranes in Sumatra and the Late Mesozoic evolution of the Sundaland margin. *Journal of Asian Earth Sciences*, 18(6), 713-738. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1367-9120\(00\)00024-9](https://doi.org/10.1016/S1367-9120(00)00024-9)
- Barber, A. J. dan Crow, M. J., 2003. An evaluation of plate tectonic models for the development of Sumatra. *Gondwana*

Research, 6(1), 1-28. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1342-937X\(05\)70642-0](https://doi.org/10.1016/S1342-937X(05)70642-0)

- Barber, A.J., Crow, M. J. dan Milsom, J. S., 2005. Introduction and previous research. In A.J. Barber, M.J. Crow, dan J.S. Milsom (Ed.). *Sumatera: Geology, Resources and Tectonic Evolution. Geological Society Memoirs*, 31, 1-6. London: The Geological Society. DOI: <https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2005.031.01.01>
- Barber, A.J., dan Crow, M.J., 2009. Structure of Sumatra and its implications for the tectonic assembly of Southeast Asia and the destruction of Paleotethys. *Island Arc*, 18(1), 3-20. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1440-1738.2008.00631.x>
- Bellon, H., Maury, R.C., Soeria-Atmadja, R., Cotten, J., dan Polvé, M., 2004. 65 m.y.-long magmatic activity in Sumatra (Indonesia), from Paleocene to Present. *Bulletin de la Société géologique de France*, 175(1), 61-72. DOI: <https://doi.org/10.2113/175.1.61>
- Crow, M.J., 2005. Pre-Tertiary volcanic rocks. In A.J. Barber, M.J. Crow, dan J.S. Milsom (Ed.). *Sumatera: Geology, Resources and Tectonic Evolution. Geological Society Memoirs*, 31, 63-68. London: The Geological Society. DOI: <https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2005.031.01.06>
- de Smet, M.E.M., dan Barber, A.J., 2005. Tertiary stratigraphy. In A.J. Barber, M.J. Crow, dan J.S. Milsom (Ed.). *Sumatera: Geology, Resources and Tectonic Evolution. Geological Society Memoirs*, 31, 86-97. London: The Geological Society. DOI: <https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2005.031.01.07>
- Dickinson, W.R., dan Suczek, C. A., 1979. Plate tectonics and sandstone compositions. *AAPG Bulletin*, 63(12), 2164-2182.
- Dickinson, W.R., Beard, L. S., Brakenridge, G. R., Erjavec, J. L., Ferguson, R. C., Inman, K. F., Knepp, R. A., Lindberg, F. A., dan Ryberg, P. T., 1983. Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. *Geological Society of America Bulletin*, 94(2), 222-235. DOI: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1983\)94<222:PONAPS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1983)94<222:PONAPS>2.0.CO;2)

- Dickinson, W.R., 1985. Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones. In G.G. Zuffa (Ed.). *Provenance of Arenites* (333-361). Dordrecht: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-017-2809-6_15
- Fernandez-Blanco, D., Philippon, M., dan von Hagke, C., 2016. Structure and kinematics of the Sumatran fault system in North Sumatra (Indonesia). *Tectonophysics*, 693, 453-464. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2016.04.050>
- Folk, R.L., 1968, Bimodal supermature sandstones. Product of the desert floor. *Proceedings 23rd International Gondwana Congress*, 8, 9-32.
- Hall, R., 2012. Late Jurassic-Cenozoic reconstructions of the Indonesian region and the Indian Ocean. *Tectonophysics*, 570, 1-41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2012.04.021>
- Hall, R., 2002. Cenozoic geological and plate tectonic evolution of SE Asia and the SW Pacific: computer-based reconstructions, model and animations. *Journal of Asian Earth Sciences*, 20(4), 353-431. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1367-9120\(01\)00069-4](https://doi.org/10.1016/S1367-9120(01)00069-4)
- Hamilton, W.B., 1979. *Tectonics of the Indonesian region* (Vol. 1078). US Government Printing Office. DOI: <https://doi.org/10.3133/pp1078>
- Harris, R., 2006. Rise and fall of the Eastern Great Indonesian arc recorded by the assembly, dispersion and accretion of the Banda Terrane, Timor. *Gondwana Research*, 10(3-4), 207-231. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gr.2006.05.010>
- Hennig, J., Hall, R., Forster, M.A., Kohn, B.P., dan Lister, G. S., 2017. Rapid cooling and exhumation as a consequence of extension and crustal thinning: Inferences from the Late Miocene to Pliocene Palu Metamorphic Complex, Sulawesi, Indonesia. *Tectonophysics*, 712-713(21), 600-622. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2017.06.025>
- Ingersoll, R.V., dan Suczek, C.A., 1979. Petrology and provenance of Neogene sand from Nicobar and Bengal fans, DSDP sites 211 and 218. *Journal of Sedimentary Research*, 49(4), 1217-1228. DOI: <https://doi.org/10.1306/212F78F1-2B24-11D7-8648000102C1865D>
- Ingersoll, R.V., Bullard, T.F., Ford, R.L., Grimm, J.P., Pickle, J.D., dan Sares, S.W., 1984. The effect of grain size on detrital modes: a test of the Gazzi-Dickinson point-counting method. *Journal of Sedimentary Research*, 54(1), 103-116. DOI: <https://doi.org/10.1306/212F83B9-2B24-11D7-8648000102C1865D>
- Mangga, A., Amiruddin, Suwanti, T., Gafoer, S., dan Sidarto, 1994. *Peta Geologi Lembar Tanjungkarang skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- McCourt, W. J., Crow, M. J., Cobbing, E. J., dan Amin, T. C., 1996. Mesozoic and Cenozoic plutonic evolution of SE Asia: evidence from Sumatra, Indonesia. *Geological Society, London, Special Publications*, 106(1), 321-335. DOI: <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1996.106.01.21>
- Metcalf, I., 1996. Pre-Cretaceous evolution of SE Asian terranes. *Geological Society, London, Special Publications*, 106(1), 97-122. DOI: 10.1144/GSL.SP.1996.106.01.09
- Metcalf, I., 2013. Gondwana dispersion and Asian accretion: Tectonic and palaeogeographic evolution of eastern Tethys. *Journal of Asian Earth Sciences*, 66, 1-33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.12.020>
- Milsom, J. dan Walker, A., 2005. The gravity field. *Geological Society, London, Memoirs*, 31(1), 16-23.
- Nugraha, A.M.S. dan Hall, R., 2018. Late Cenozoic palaeogeography of Sulawesi, Indonesia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 490, 191-209. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2017.10.033>
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E., dan Siever, R., 1987. Introduction and source materials. In *Sand and sandstone* (pp. 1-21). Springer, New York, NY.
- Powers, M.C., 1953, A new roundness scale for sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Research*, 23(2), 117-119. DOI: <https://doi.org/10.1306/D4269567-2B26-11D7-8648000102C1865D>
- Rosidi, H.M.D., dan Tjokrosapoetro, S., 1996. Peta geologi lembar Kupang-Atambua, Timor: Geological map of Kupang-Atambua

- quadrangles, Timor. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi
- Sawyer, R. K., Sani, K., dan Brown, S., 1993. The stratigraphy and sedimentology of West Timor, Indonesia. *Proceedings 22nd Annual Meeting Indonesian Petroleum Association*, 534-574.
- Smith, R.B. dan Silver, E. A., 1991. Geology of a Miocene collision complex, Buton, eastern Indonesia. *Geological Society of America Bulletin*, 103(5), 660-678. DOI: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1991\)103<0660:GOAMCC>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1991)103<0660:GOAMCC>2.3.CO;2)
- Taylor, J.M., 1950. Pore-space reduction in sandstones. *AAPG Bulletin*, 34(4), 701-716. DOI: [10.1306/3D933F47-16B1-11D7-8645000102C1865D](https://doi.org/10.1306/3D933F47-16B1-11D7-8645000102C1865D)
- Wajzer, M. R., Barber, A. J., dan Hidayat, S., 1991. Accretion, collision and strike-slip faulting: the Woyla Group as a key to the tectonic evolution of North Sumatra. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 6(3-4), 447-461. DOI: [https://doi.org/10.1016/0743-9547\(91\)90087-E](https://doi.org/10.1016/0743-9547(91)90087-E)
- Wilson, M., 2005. Modeling the Sumatra-Andaman Earthquake Reveals a Complex, Nonuniform Rupture. *Physics Today*, 58(6), 19-21. DOI: [10.1063/1.1996463](https://doi.org/10.1063/1.1996463)
- Yerino, L.N., dan Maynard, J.B., 1984. Petrography of modern marine sands from the Peru-Chile Trench and adjacent areas. *Sedimentology*, 31(1), 83-89. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1984.tb00724.x>
- Zahirovic, S., Matthews, K.J., Flament, N., Müller, R.D., Hill, K.C., Seton, M., dan Gurnis, M., 2016. Tectonic evolution and deep mantle structure of the eastern Tethys since the latest Jurassic. *Earth-Science Reviews*, 162, 293-337. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.09.005>