

TEKTONIK SESAR CIMANDIRI, PROVINSI JAWA BARAT

Iyan Haryanto, Johanes Hutabarat, Adjat Sudradjat, Nisa Nurul Ilmi dan Edy Sunardi

Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran
Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung-Sumedang
Km. 21 Jatinangor, Sumedang

ABSTRACT

Cimandiri fault formed during stage II orogenesis is the oldest fault at the end of the middle Eocene. The Cimandiri fault is the active fault that developed a paleo high and uplifted the Ciletuh Formation within front arc basin. The stage III orogenesis at the Late Eocene indicated by regional compression in the Java that affected to reactivation fault. This fault known to be the same as the Baribis thrust fault. Finally, the compression tectonic decreased that it created the normal fault on Cimandiri thrust-fold. Therefore, we can define the Cimandiri fault into two regional fault patterns. The first pattern, the thrust fault that indicated by high bedding inclined. The second pattern, the next pattern is the normal fault that revealed by fault scarps inclination more than 50° or even vertical in some locations.

Keywords: *Cimandiri fault, front arc basin, Ciletuh valley, Cimandiri Valley.*

ABSTRACT

Sesar Cimandiri merupakan sesar tua yang terbentuk selama berlangsungnya orogenesis tahap II, yaitu pada waktu Akhir Eosen Tengah. Pada saat itu batuan sedimen Formasi Ciletuh berumur Eosen Tengah yang terbentuk di dalam Cekungan Depan Busur sudah terangkat ke permukaan. Sesar ini terus aktif hingga menyebabkan terbentuknya tinggian purba (paleo-high) antara Lembah Ciletuh dan Lembah Cimandiri. Pada Akhir Tersier, tektonik kompresi kembali terjadi, menyebabkan untuk ketiga kalinya sesar Cimandiri teraktifkan kembali sebagai sesar naik. Peristiwa ini disimpulkan sebagai orogenesis ke III di Pulau Jawa. Salah satu struktur sesar regional yang terbentuk pada saat itu adalah Sesar Baribis. Setelah tektonik kompresi berkurang terjadi kesetimbangan menyebabkan terbentuknya sesar normal pada jalur lipatan anjakan Cimandiri. Oleh karena itu, Sesar Cimandiri terdiri atas dua sesar regional yang pertama sebagai sesar naik yang dicirikan oleh deformasi lipatan batuan yang umumnya tegak, dan sebagai sesar normal yang dicirikan dengan terbentuknya gawir sesar dengan kemiringan di atas 50° bahkan di beberapa lokasi mendekati vertical.

Kata Kunci: Sesar Cimandiri, Cekungan Depan Busur, Lembah Ciletuh, Lembah Cimandiri.

PENDAHULUAN

Peristiwa tumbukan lempeng di selatan Pulau Jawa, menyebabkan struktur geologi di Jawa Bagian Barat relatif kompleks, di dalamnya berkembang struktur lipatan dan struktur sesar dengan intensitas yang tinggi dan beberapa diantaranya bersifat regional. Di wilayah Provinsi Jawa Barat, setidaknya dijumpai enam struktur sesar regional (Gambar 1), yaitu Sesar Cimandiri, Sesar Cipeles, Sesar Baribis, Sesar Lembang, Sesar Pelabuhanratu dan Sesar Citanduy (van Bemmelen, 1949; Martodjojo, 1984; Haryanto, 2015). Diantara struktur regional tersebut, Sesar Cimandiri yang paling berperan terhadap sebaran batuan berumur Paleogen di permukaan.

Kelurusan Sesar Cimandiri dapat dikenali baik dari aspek stratigrafi, morfologi dan indikasi pensesaran di lapangan. Dari aspek morfologinya dapat diamati dengan jelas melalui analisis peta topografi, citra indraja maupun dari pengamatan langsung di lapangan. Struktur sesar ini membentuk kelurusan lembah dan rangkaian perbukitan yang memanjang mulai dari Pelabuhanratu di bagian barat, hingga ke arah timur mencapai lokasi Gunung Tangkubanprahu (Gambar 2 s/d 4).

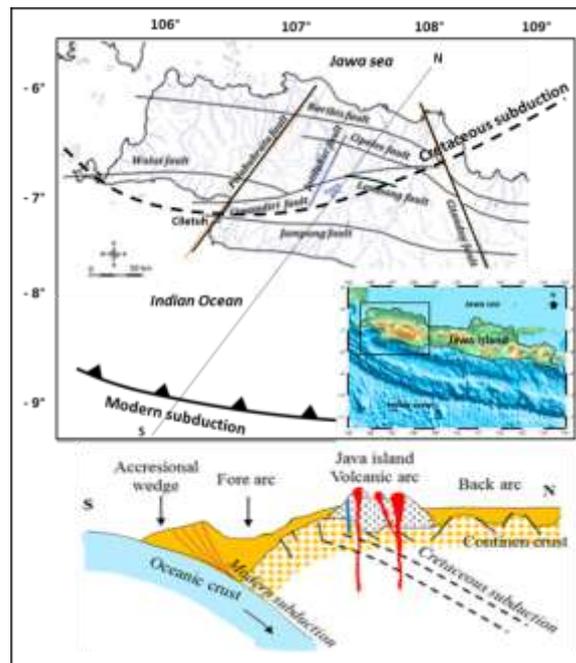
Sesar Cimandiri telah banyak dibahas, namun disimpulkan berbeda-beda terutama mengenai umur dan jenis pergeserannya (Gambar 2). Sejumlah peneliti meyakini sebagai sesar mendatar dekstral (Pulunggono dan Martodjojo, 1996; Noeradi, *et al.*, 1994)

yang terbentuk sebagai hasil reaktivasi dari sesar-sesar tua ketika subduksi zaman Kapur berlangsung (Pulunggono and Martodjojo, 1996). Peneliti lainnya menyimpulkan berbeda, yaitu sebagai sesar naik yang terbentuk pada Akhir Tersier (Haryanto, 2004) atau berumur post-Miosene Tengah (Clements and Hall, 2007). Atas dasar adanya perbedaan pendapat di atas, kami bermaksud untuk mengkajinya kembali.

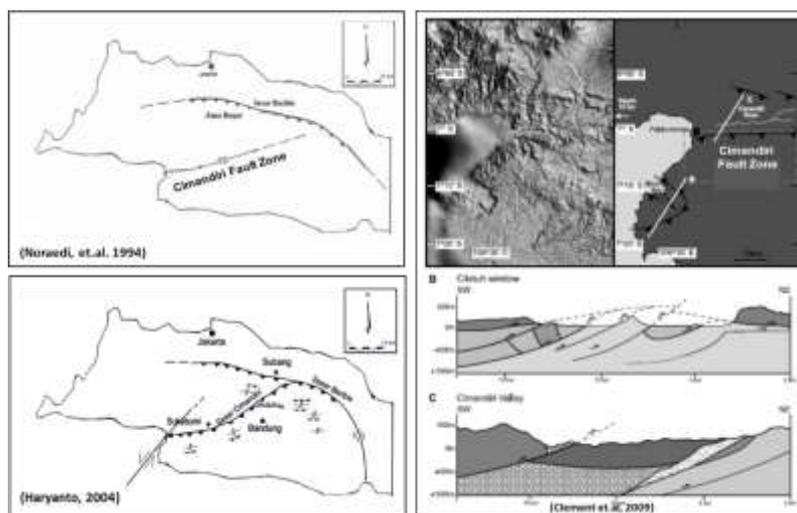
METODA PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan menginterpretasikan kelurusan struktur melalui citra indraja yang diyakini sebagai

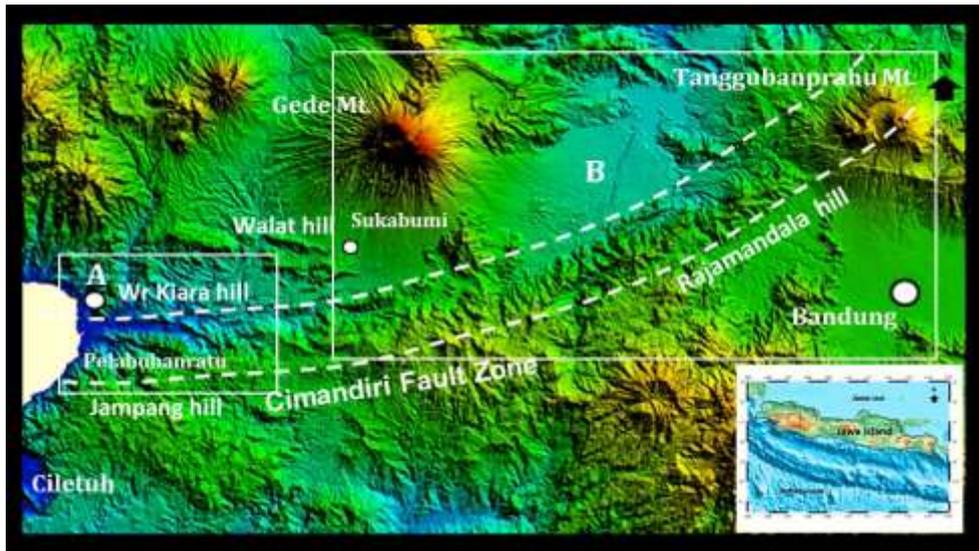
jalur sesar Cimandiri. Hasilnya dikombinasikan dengan peta sebaran jenis dan umur batuan yang didapatkan dari hasil penelitian lapangan serta berdasarkan analisis paleontologi. Pemetaan struktur geologi lapangan dilakukan pada lokasi tertentu, dengan maksud mencari jejak-jejak pensesaran berupa cermin sesar, lipatan seret, offset litologi maupun dari aspek morfologinya. Untuk penentuan jenis sesar dilakukan berdasarkan sistem tegasan dari data cermin sesar yang diolah secara komputasi. Selanjutnya hasil dari pengolahan data tersebut dikompilasi dengan aspek stratigrafi dan geomorfologi.



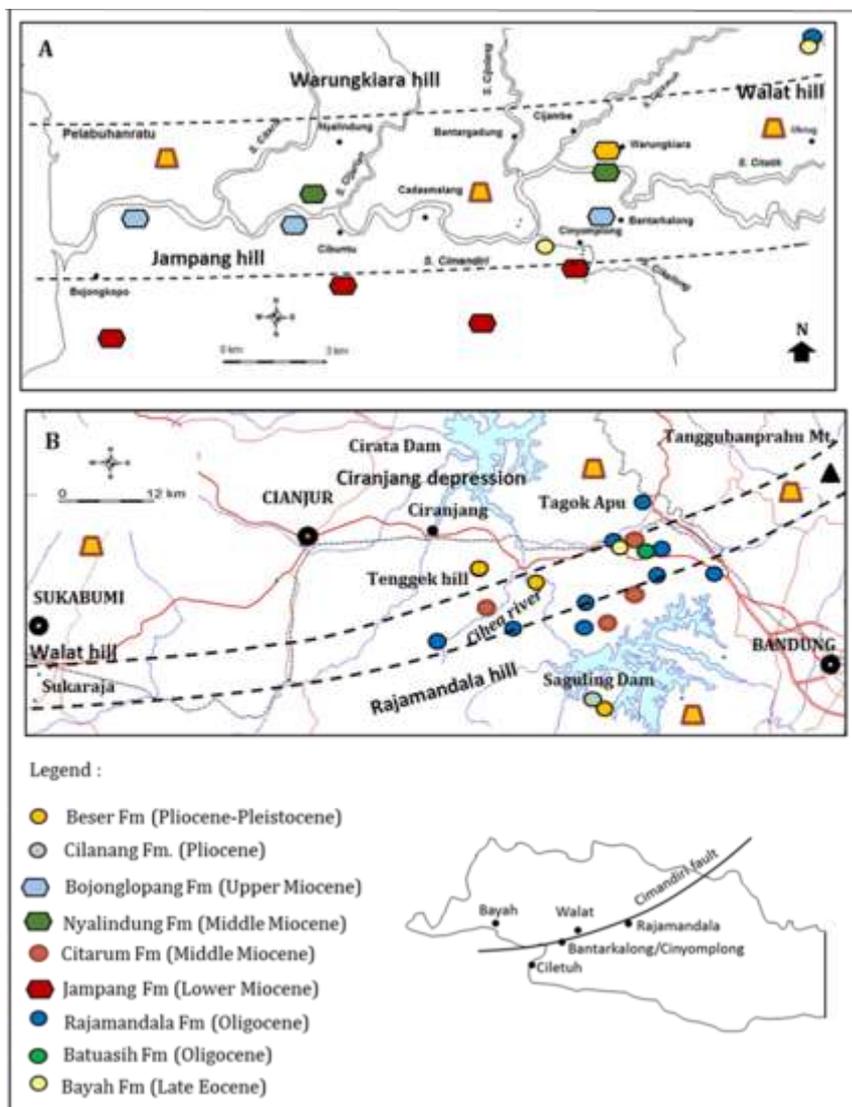
Gambar 1. Pola struktur sesar regional di Pulau Jawa Bagian Barat (dimodifikasi dari Haryanto, 2014).



Gambar 2. Sesar Cimandiri menurut beberapa peneliti (Noraedi, et al.,1994; Haryanto, 2004; Clements and Hall, 2007).



Gambar 3. Struktur Sesar Cimandiri yang memanjang mulai dari Pelabuhanratu hingga Gunung Tangkubanprahu.



Gambar 4. Sebaran formasi batuan di sepanjang zona Sesar Cimandiri (dimodifikasi dari Haryanto, 2014, dimodifikasi).

STRATIGRAFI REGIONAL

Jalur Sesar Cimandiri melintasi Perbukitan Jampang, Perbukitan Warungkiara, Perbukitan Walat dan Perbukitan Rajamandala (Gambar 3). Mengacu kepada stratigrafi regional yang disusun oleh Martodjojo (1984), formasi batuan di sepanjang jalur perbukitan tersebut didominasi oleh batuan sedimen marin berumur Eosen Atas hingga Miosen Atas (Gambar 4). Keberadaan sesar Cimandiri berhubungan dengan geologi daerah Ciletuh yang posisinya berada di sebelah selatannya (Pulunggono dan Martodjojo, 1986). Menurut kedua penulis tersebut, keberadaan sesar ini merupakan hasil reaktifasi dari jejak-jejak paleosubduksi Kapur. Oleh karena itu akan disinggung mengenai stratigrafi daerah tersebut.

Stratigrafi Lembah Ciletuh

Batuan tertua di dalam Lembah Ciletuh adalah endapan melange berumur Kapur. Batuan ini terbentuk pada lingkungan palung dari sistem tumbukan lempeng Jaman Kapur (Katili, 1973; Sukamto, 1973; Thayib, 1975; Hamilton, 1979; Martodjojo, 1984; Schiller, 1991; Clement, 2007). Melange Ciletuh terdiri atas *skis, fillite, gabbro, basalt, chert* dan batuan metasedimen. Sebaran batuanya tidak terlalu luas, karena sebagian besar ditutupi oleh sedimen laut dalam Formasi Ciletuh yang berumur Eosen Tengah, Formasi Bayah berumur Eosen Atas dan Formasi Jampang yang berumur Miosen Bawah (Gambar 7).

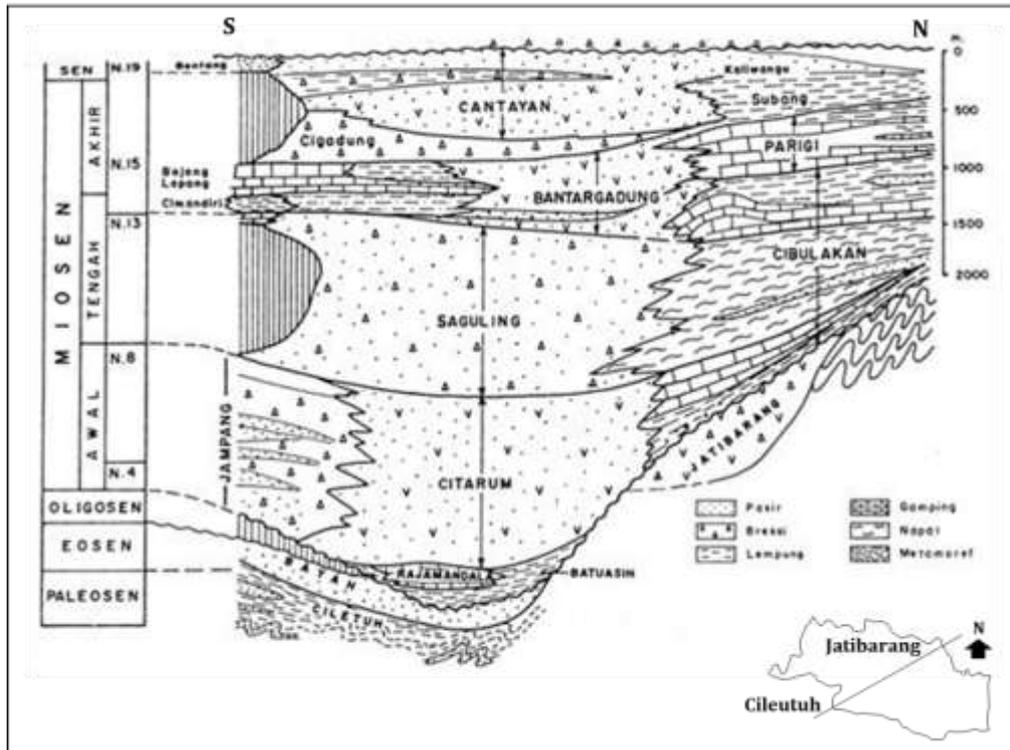
Formasi Ciletuh merupakan sedimen turbidit laut dalam yang terbentuk pada lingkungan palung umur Kapur (Thayib, 1975; Martodjojo, 1984), sedangkan menurut Clement (2007) dan Haryanto (2014) terbentuk pada lingkungan *fore arc*. Batuanya terdiri atas dua fasies, yaitu unit yang paling tua didominasi oleh batupasir *graywacke* yang semakin menghaslusk ke arah atas (*finning upward*). Fasies berikutnya berupa breksi polimik dengan batas kontaknya berangsur. Komponen terdiri atas berbagai jenis batuan antara lain skis, fillite, rijang, batuan metasedimen, basalt, batugamping, batupasir dan batulempung.

Ukuran komponen mulai dari beberapa cm hingga lebih dari 1 m. Secara berangsur di atasnya ditutupi oleh breksi monomik yang didominasi oleh komponen batuan beku andesitik, dengan ukuran mulai dari beberapa cm hingga rata-rata berukuran 30 cm.

Tidak ditemukan kontak antara Formasi Ciletuh dengan melange Ciletuh yang berada di bawahnya, namun dengan ditemukannya komponen batuan metamorf yang sama dengan melange Ciletuh, maka disimpulkan hubungan stratigrafi diantara keduanya adalah tidak selaras. Kesimpulan ini sama dengan sebagian besar peneliti sebelumnya (Katili, 1973; Sukamto, 1973; Thayib, 1975; Hamilton, 1979; Schiller, 1986; Dardji *et.al.*, 1996), namun menurut Martodjojo (1984) disimpulkan selaras.

Formasi Ciletuh ditindih oleh Formasi Bayah, namun di lapangan kontak stratigrafi diantara keduanya tidak ditemukan. Batuanya terdiri atas konglomerat, batupasir konglomeratan, batupasir kuarsa, batulempung karbonan, batulempung dengan lensa tipis batugamping. Struktur sedimen *cross bedding, graded bedding dan parallel lamination*. Atas dasar tektur dan struktur sedimennya, batuan ini berasal dari sedimen fluviatil hingga transisi. Dari conto batuan yang dianalisis tidak ditemukan fosil foraminifera yang dapat menunjukkan umur batuanya, namun menurut peneliti sebelumnya diketahui berumur Eosen Tengah (Martodjojo, 1984) atau Eosen Atas (Yulianto, 2007). Atas dasar umur batuan dan lingkungan pengendapannya, disimpulkan kontak stratigrafi kedua formasi di atas adalah tidak selaras.

Seluruh formasi batuan di atas, ditutupi oleh Formasi Jampang yang berumur Miosen Bawah. Batuanya terdiri atas lapisan breksi vulkanik, batupasir tufan dan batulanau. Sebaran batuanya membatasi lembah Ciletuh, membentuk dinding terjal hingga vertikal. Di dalam Lembah Ciletuh tidak ditemukan formasi batuan berumur Oligosen, sehingga ada gap umur antara Formasi Bayah dengan Formasi Jampang. Dengan demikian kontak stratigrafi diantara keduanya adalah tidak selaras.



Gambar 5. Stratigrafi regional Jawa Barat (dimodifikasi dari Martodjojo, 1984)



Gambar 6. Singkapan di daerah Ciletuh : A. Formasi Ciletuh, bagian bawah berupa fasies batupasir dan batulempung, dan secara berangsur ditindih oleh breksi polimik. B. Komponen breksi polimik, terdiri atas batuan metamorf, batuan metasedimen, batuan beku dan batuan sedimen. C. Perselingan batupasir kuarsa dengan batupasir konglomeratan. D. Lapisan vulkaniklastik Formasi Jampang.

Stratigrafi Lembah Cimandiri

Stratigrafi di sepanjang jalur Sesar Cimandiri, terdiri atas batuan sedimen klastik, batuan vulkaniklastik, batuan vulkanik dan intrusi andesitik (Gambar 7). Formasi batuan

sedimen tertua yang tersingkap di sepanjang jalur sesar Cimandiri adalah Formasi Bayah yang berumur Eosen Atas (Martodjojo, 1984; Effendi *et.al.* 1975; Clement, *et.al.* 2007). Singkapan yang baik dijumpai di daerah

Cinyomplong dan Bantarkalong. Batuanya didominasi oleh lapisan batupasir kuarsa, berselingan dengan konglomerat, batupasir konglomeratan, batupasir kuarsa dan batulempung menyerpih. Kontak antar lapisan batuanya tegas dan beberapa diantaranya memperlihatkan bidang erosional.

Yang membedakan Formasi Bayah di lokasi ini dengan daerah lainnya, adalah pada aspek komposisi dan tekstur konglomeratnya. Dari aspek komposisinya, walaupun komponen konglomeratnya masih didominasi oleh mineral kuarsa, namun di dalamnya banyak ditemukan batuan metamorf dan batuan beku basalt. Batuan metamorf terdiri atas skis, chert dan batuan metasedimen. Selanjutnya dari segi ukuran komponennya jauh lebih kasar hingga mencapai 15 cm, sedangkan di lokasi tipenya di daerah Bayah atau di lokasi lainnya seperti yang tersingkap Pegunungan Walat umumnya hanya berukuran kurang dari 5cm. Adanya kesamaan jenis komponen konglomerat di daerah Cinyomplong - Bantarkalong dengan komponen breksi aneka bahan Formasi Ciletuh, menunjukkan

hubungan stratigrafi antara kedua formasi tersebut adalah tidak selaras.

Di dalam Lembah Cimandiri, Formasi Bayah secara berturut-turut ditindih oleh batuan vulkaniklastik Formasi Jampang berumur Miosen Bawah, Formasi Cimandiri berumur Miosen Tengah, Formasi Bantargadung berumur Miosen Atas dan terakhir oleh batuan vulkanik Kuartar. Seluruh formasi tersebut memiliki jurus lapisan yang sama, yaitu berarah barat-timur sejajar dengan kelurusan lembah Sungai Cimandiri. Walaupun jurus lapisan batuanya relatif sama, namun kemiringan lapisan batuan Formasi Bayah jauh berbeda dibandingkan dengan formasi yang berada di atasnya, yaitu kedudukannya mendekati vertikal, sedangkan batuan sedimen yang menumpang di atasnya memiliki kemiringan di bawah 35°. Atas dasar adanya perbedaan umur (gap umur) serta perbedaan sudut kemiringan lapisan batuanya, maka hubungan stratigrafi antara Formasi Bayah dengan formasi di atasnya adalah tidak selaras.



Gambar 7. Singkapan batuan di Sungai Bantarkalong. A. Konglomerat berselingan dengan batupasir kuarsa Formasi Bayah berumur Eosen Atas, dengan latar belakang perbukitan yang disusun oleh batuan vulkaniklastik Formasi Jampang berumur Miosen Bawah. B. Komponen konglomerat Formasi Bayah, terdiri atas batuan metamorf, metasedimen dan kuarsa. C. Lapisan batupasir Formasi Cimandiri di Sungai Cimandiri. D. Batulempung sisipan batupasir Formasi Bantargadung berumur Miosen Atas, di Sungai Bantargadung-Lembah Cimandiri.

Stratigrafi Perbukitan Walat

Perbukitan Walat berada di sebelah utara lembah Cimandiri, keduanya terletak saling sejajar dengan arah barat-timur. Batuan penyusun terdiri atas beberapa formasi, yaitu Formasi Bayah, Formasi Batuasih, Formasi Rajamandala, Formasi Jampang dan batuan vulkanik Kuartar (Gambar 8).

Batuan tertua yang tersingkap di perbukitan ini adalah Formasi Bayah atau lebih dikenal sebagai Formasi Walat (Effendi *et. al*, 1998). Singkapan batuanannya memiliki komposisi dan tekstur yang sama dengan di lokasi tipenya di daerah Bayah (Banten), yaitu didominasi oleh batupasir kuarsa dengan sisipan konglomerat, batupasir konglomeratan, batulempung, batulempung karbonan dan lapisan tipis batubara. Formasi Bayah di lokasi ini memiliki sebaran yang paling luas dibandingkan dengan di lokasi lainnya (Gambar 8).

Formasi Walat bagian atas memiliki hubungan menjemari dengan batulempung Formasi Batuasih. Formasi Batuasih terdiri atas batulempung abu-abu tua, menyerpih, banyak mengandung partikel karbon dan fragmen koral. Dari kandungan fosilnya berumur Oligosen Bawah. Selanjutnya formasi ini ditindih selaras oleh Formasi Rajamandala yang berumur Oligosen. Bagian bawah Formasi Rajamandala disusun oleh batugamping musdtone hingga packstone, dan di bagian atasnya disusun oleh perselingan batulempung dan batupasir gampingan. Di bagian selatan perbukitan Walat, Formasi Rajamandala ditindih oleh batuan vulkanik Formasi Jampang yang sebagian sudah berubah menjadi zeolit. Selanjutnya pada morfologi yang berelevasi lebih rendah hingga ke daerah pedataran Lembah Cimandiri, seluruh batuan di atas ditutupi tidak selaras oleh breksi vulkanik dan breksi laharik berumur Kuartar.



Gambar 8. Singkapan di lokasi Gunung Walat, A. Batupasir kuarsa Formasi Walat berumur Eosen Atas. B. Batulempung Formasi Batuasih berumur Eosen Atas-Oligosen Bawah, ditindih selaras oleh batugamping Formasi Rajamandala berumur Oligosen Bawah.

Stratigrafi Perbukitan Rajamandala

Perbukitan Rajamandala disusun oleh beberapa formasi, yaitu Formasi Bayah, Formasi Batuasih, Formasi Rajamandala, Formasi Citarum, batuan vulkanik Formasi Besar dan batuan vulkanik Kuartar (Gambar 9). Sebaran Formasi Bayah dan Formasi Batuasih tidak begitu luas, hanya ditemukan di daerah Padalarang dengan sebarannya yang terbatas. Di lokasi ini tidak dijumpai Formasi Jampang, karena posisinya berada jauh di selatan Perbukitan Rajamandala. Formasi Bayah disusun oleh batupasir kuarsa hingga batupasir konglomeratan, didalamnya

banyak ditemukan fragmen karbon; struktur sedimen *cross bedding*, *graded beding* dan *parallel lamination*. Selaras di atasnya ditindih oleh Formasi Batuasih yang batuanannya didominasi oleh batulempung kehitaman dan menyerpih. Formasi Bayah dan Formasi Batuasih ditindih selaras oleh batugamping Formasi Rajamandala. Formasi ini terdiri atas boundstone hingga mudstone dan di bagian atasnya didominasi oleh batuan sedimen klastik calcareous berupa perselingan batupasir dan batulempung.



Gambar 9. A. Batupasir kuarsa Formasi Bayah dengan kedudukan. B. Batulempung Formasi Batuasih ditindih selaras oleh batugamping Rajamandala. C. Batugamping Rajamandala dengan dip ke arah utara, dikelilingi oleh sebaran batulempung Formasi batuasih, Batupasir Formasi Citarum, batuan vulkanik Formasi Besar berumur Pliosen Atas dan batuan vulkanik berumur Kuartar. D. Lapisan tegak batupasir sisipan batulempung Formasi Citarum.

Formasi Rajamandala selanjutnya ditutupi oleh Formasi Citarum. Formasi Citarum bagian bawah didominasi breksi vulkanik, sedangkan bagian atasnya didominasi oleh perselingan batupasir, batulanau dan batulempung Batupasir berukuran kasar hingga halus, keras, calcareous, banyak mengandung gelas vulkanik. Struktur sedimen *graded bedding*, *parallel lamination*, *cross bedding*, *convolute*, *flame structure* dan *slump structure*. Kontak antar lapisan batuan umumnya tegas dan banyak dijumpai kontak erosional. Berdasarkan pada struktur dan tekstur batuanya diyakini sebagai endapan turbidit laut dalam. Seluruh formasi tersebut, seluruhnya ditutupi tidak selaras oleh breksi vulkanik Formasi Besar dan batuan vulkanik Kuartar.

Tektonik Sesar Cimandiri

Untuk memudahkan dalam menjelaskan keberadaan sesar Cimandiri, akan dibahas dalam dua bagian yang ditentukan berdasarkan orientasi dari jalur sesamanya, yaitu segmen bagian barat yang berarah barat-timur dan segmen bagian timur yang berarah timurlaut-baratdaya (Gambar 3). Segmen bagian barat membentang mulai dari

Pelabuhanratu hingga Perbukitan Walat, sedangkan segmen bagian timur membentang mulai dari perbatasan Sukabumi-Cianjur hingga mencapai Gunung Tanggubanprahu (Bandung Utara).

• Sesar Cimandiri Segmen Barat

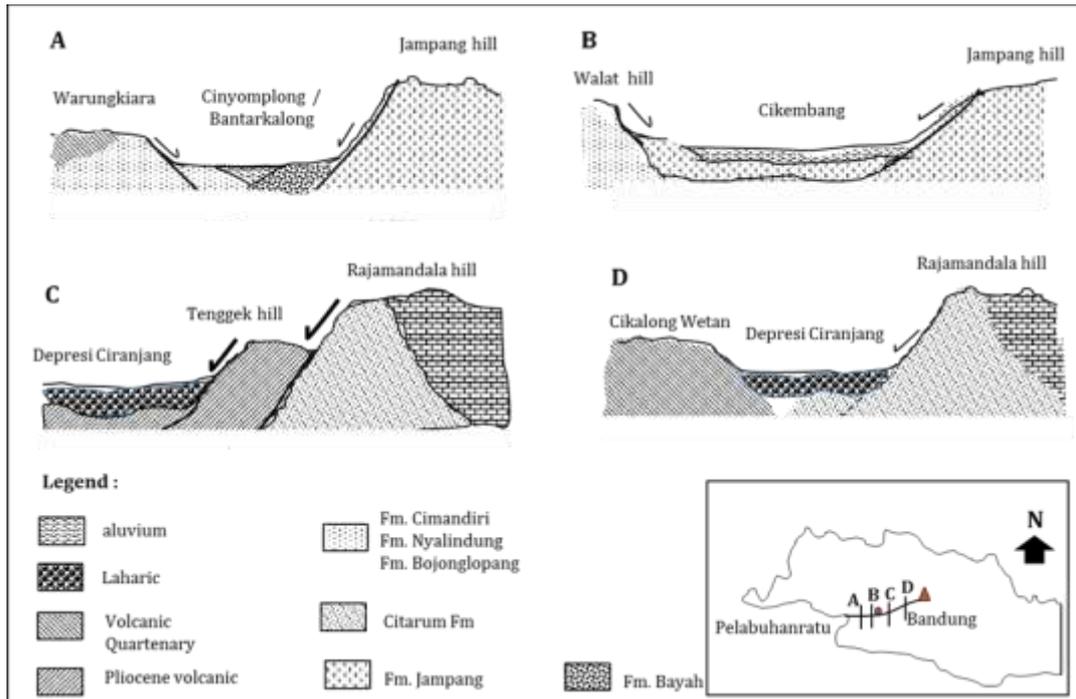
Pada segmen ini, kelurusan Sesar Cimandiri dicirikan dengan adanya kelurusan Lembah Cimandiri yang diapit oleh Perbukitan Jampang di bagian selatan dan Perbukitan Walat-Warungkiara yang berada di sebelah utaranya.

Perbukitan Jampang disusun oleh batuan vulkaniklastik Formasi Jampang dengan kedudukan berarah barat-timur, yaitu N 90°E hingga N 100°E, dan kemiringan berkisar antara 30° - 40°. Bagian puncak perbukitan umumnya berada pada elevasi di atas 300m dpl hingga 350m dpl, sedangkan dibagian lereng bawahnya berada pada elevasi 100m-200m dpl. Perbedaan elevasi ini membentuk Sudut kemiringan lereng lebih dari 40°, bahkan di beberapa lokasi dapat mencapai 50° hingga 70°. Pada bagian lereng terjal dijumpai fasies segitiga (*triangular facet*), serta banyak dijumpai deretan air terjun. Fenomena morfologi di atas, mencerminkan

adanya pengaruh struktur sesar normal, dengan bidang sesarnya miring ke arah utara (Gambar 10).

Morfologi di bagian utara lembah Cimandiri, adalah Perbukitan Walat yang menerus ke arah barat membentuk rangkaian perbukitan Warungkiara hingga ke daerah Pelabuhanratu. Perbukitan Walat disusun oleh batuan berumur Eosen hingga Miosen Bawah, yaitu Formasi Walat (Formasi Bayah), Formasi Batuasih, Formasi Rajamandala dan Formasi Jampang; sedangkan perbukitan Warungkiara didominasi oleh batuan Formasi Cimandiri dan batuan vulkanik Kuartar yang

menerus hingga Pelabuhanratu. Kedudukan lapisan batuan di atas berarah barat-timur, dengan kemiringan berkisar antara 30° - 50°. Rangkaian perbukitan ini memiliki elevasi yang lebih rendah yaitu berkisar antara 200m dpl hingga 300m dpl. Kemiringan lerengnya lebih landai, yaitu berkisar antara 30° hingga 60°. Berdasarkan pada aspek morfologinya, kelurusan perbukitan Walat dan Warungkiara, dikontrol oleh sesar normal yang miring ke arah selatan. Dengan demikian kelurusan Lembah Cimandiri dikontrol oleh dua sesar normal yang saling sejajar dan berlawanan arah (Gambar 10 A dan B).



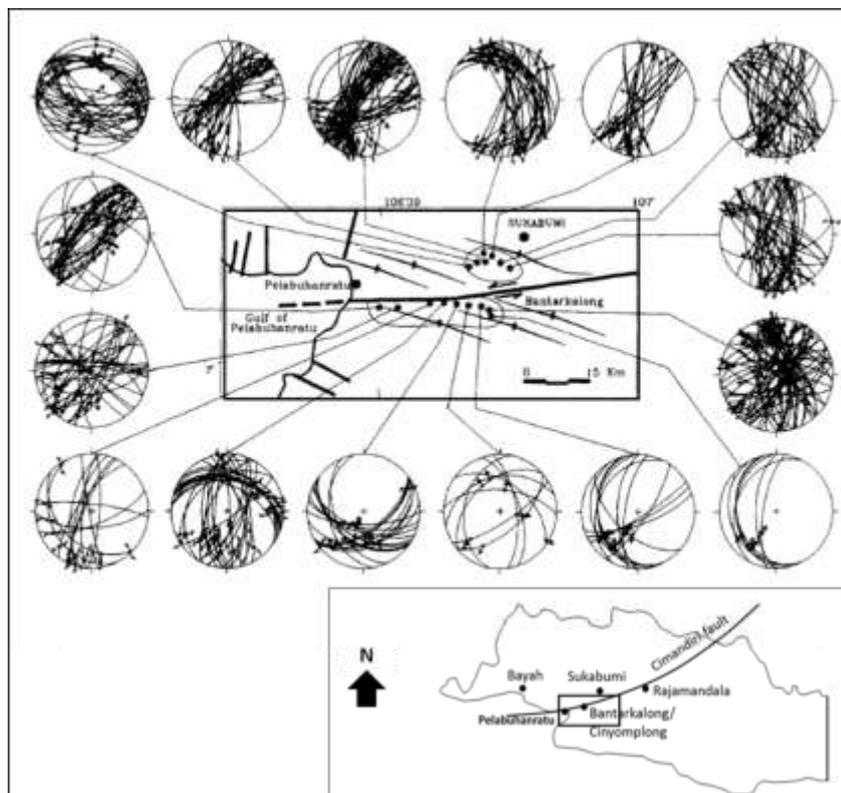
Gambar 10. Dari aspek morfologi dan stratigrafinya, Sesar Cimandiri dikontrol oleh dua sesar normal

Diantara kedua sesar normal tersebut, terbentuk graben yang sebagian besar berupa pedataran dan perbukitan landai. Batuan penyusun di dalamnya didominasi oleh batuan sedimen berumur Neogen, yaitu Formasi Bantargadung, Formasi Bojonglopong dan Formasi Cimandiri. Hanya sebagian kecil saja menyingkapkan batuan Formasi Bayah yang berumur Eosen Atas. Walaupun seluruh formasi batuan tersebut berarah barat-timur, namun sudut kemiringan lapisan batuan Formasi Bayah sangat jauh berbeda dengan formasi yang berada di atasnya. Di daerah Bantarkalong (S -7°1'24.186" dan E 106°42'25.6"), kedudukan lapisan batuan Formasi Bayah memiliki kemiringan rata-rata di atas 40°,

bahkan di beberapa lokasi lainnya mendekati vertikal (Gambar 11 C dan D). sedangkan pada batuan berumur Neogen jauh lebih rendah, yaitu antara 20° hingga 40° (Gambar 10 B). Data ini menunjukkan proses deformasi terjadi pada periode tektonik yang berlainan. Kedudukan lapisan tegak di lokasi ini, mencerminkan adanya pengaruh tektonik kompresi. Kesimpulan ini didukung dengan ditemukannya jejak-jejak pensesaran berupa lipatan seret, *offset* batuan, *scally clay*, *drag fold* dan cermin sesar (Gambar 11). Penelitian cermin sesar yang dilakukan oleh Dardji, *et. all* (1994) di sepanjang Lembah Cimandiri, juga mengindikasikan adanya pengaruh sesar naik dan sesar mendatar.



Gambar 11. A. Morfologi Lembah Cimandiri, dibagian selatan dibatasi perbukitan Formasi Jampang, dengan lereng terjal membentuk kelurusan berarah barat-timur, sebagai petunjuk adanya pengaruh sesar normal. B. Lapisan batupasir Formasi Cimandiri di Sungai Cimandiri, dengan kedudukan $N270^{\circ}E/20^{\circ}$; B. Lapisan batupasir kuarsa dengan sisipan batulempung di Sungai Bantarkalong, dengan kedudukan $N80^{\circ}E/87^{\circ}$; C. Struktur lipatan seret pada lapisan batulempung tergerus dan disertai dengan sesar minor, mengindikasikan adanya sesar naik di Sungai Bantarkalong. (foto oleh Haryanto, 2014).



Gambar 12. Data cermin sesar di sepanjang Lembah Cimandiri sepanjang Pelabuhanratu-Bantarkalong. Stereogram arah utara-selatan sebagai sesar mendatar dan arah barat-timur sebagai sesar naik (Noraedi, 1994; dimodifikasi).

Formasi batuan yang umurnya lebih muda dari Formasi Bayah, seluruhnya memiliki kemiringan lapisan batuan yang lebih rendah, yaitu berkisar antara 15° hingga 40° . Perbedaan deformasi diantara keduanya, dapat dimengerti karena hubungan stratigrafi diantara kedua kelompok formasi tersebut adalah ketidakselarasan (angular unconformity). Data ini menunjukkan ada dua periode tektonik kompresi yang menyebabkan terjadinya perbedaan tingkat deformasi diantara keduanya. Formasi Bayah yang umurnya lebih tua, sudah terlipat dan tersesarkan setidaknya pada akhir Eosen Akhir (Eo-Oligosen) dan membentuk tinggian purba. Pada Awal Miosen terjadi kembali proses sedimentasi yang posisinya menumpang tidak selaras di atas Formasi Bayah, yaitu Formasi Jampang, Formasi Cimandiri dan Formasi Bantargadung. Secara regional kedudukan batuan sedimen yang terbentuk selama waktu Neogen adalah selaras. Data stratigrafi ini menunjukkan bahwa kondisi cekungan pada saat itu tidak dipengaruhi oleh tektonik kompresional yang berarti. Tektonik kompresi baru terjadi kembali untuk kedua kalinya pada waktu Akhir Tersier. Tektonik ini berlangsung secara regional di seluruh Pulau Jawa, menyebabkan seluruh batuan berumur Tersier terangkat, terlipat dan tersesarkan, dengan pola struktur yang relatif sama. Adanya kesamaan pola struktur lipatan pada batuan berumur Paleogen dan Neogen, menunjukkan sistem tegasan yang berlangsung selama periode Tersier tidak berubah. Dikaitkan dengan lokasi penelitian, maka tektonik yang terakhir ini disamping membentuk struktur lipatan dan sesar naik pada formasi yang lebih muda, juga mengaktifkan kembali struktur geologi pada batuan Formasi Bayah.

• Sesar Cimandiri Segmen Timur

Jalur sesar Cimandiri bagian timur, berada di bagian utara dari rangkaian perbukitan Rajamandala (Gambar 3). Sebagian besar jalur sesarnya memotong Formasi Rajamandala dan Formasi Citarum, dan berperan sebagai pembatas sebaran kedua formasi tersebut terhadap breksi vulkanik

Formasi Besar yang berada di bagian utaranya. Dari aspek morfologi dan pola pengaliran sungainya, keberadaan struktur Sesar Cimandiri dicerminkan dengan adanya kelurusan punggung perbukitan Rajamandala, kemiringan lereng perbukitan yang terjal dan lembah sungai yang curam, terbentuknya kelurusan sungai dan kelokan sungai yang tajam.

Lereng perbukitan Rajamandala di bagian utara berbatasan dengan morfologi pedataran. Batas perbedaan morfologi tersebut membentuk jalur kelurusan dengan arah timurlaut-baratdaya. Kemiringan lereng pada morfologi perbukitan berkisar antara 30° hingga 50° , dan pada bagian tertentu membentuk faset segitiga (*triangular facet*) serta banyak dijumpai deretan air terjun. Kelurusan topografi ini, juga membatasi sebaran batu gamping Formasi Rajamandala dengan batuan sedimen klastik Formasi Citarum, dan membatai breksi vulkanik Formasi Besar dengan endapan breksi lahar Kuartar yang tersebar luas di daerah pedataran Ciranjang (Gambar 9C). Dengan demikian ada dua jalur sesar normal yang mengontrol kelurusan lereng perbukitan Rajamandala. Melalui DEM, pedataran Ciranjang adalah suatu bentuk depresi yang dikelilingi oleh perbukitan vulkanik dan pada sisi bagian selatannya dibatasi oleh jalur kelurusan Sesar Cimandiri (Gambar 10 C dan D).

Walaupun sesar normal berperan dalam pembentukan kelurusan topografi di atas, namun dari aspek deformasi batuan seperti yang tersingkap di daerah Padalarang ($S 06^{\circ} 50' 06.5''$; $E 107^{\circ} 24' 46.0''$), memperlihatkan adanya pengaruh tektonik kompresi. Struktur lipatan pada batuan sedimen Formasi Citarum, memiliki kemiringan lapisan mendekati vertikal, bahkan di beberapa lokasi seperti yang tersingkap di Sungai Cibogo sudah mengalami pembalikan dengan kedudukan $N290^{\circ}E/80^{\circ}$ hingga $N300^{\circ}E/85^{\circ}$ (Gambar 13 E). Indikasi lainnya adalah dijumpainya struktur lipatan kecil (*micro fold*) pada lapisan batualempung Formasi Batuasah yang disertai dengan intensitas kekar yang tinggi dan offset litologi (Gambar 13 C).



Gambar 13. A dan B. Gawir sesar pada batugamping Formasi Rajamandala di daerah Padalarang yang mengindikasikan adanya sesar normal; C. Mikrofold pada lapisan batulempung Formasi Batuasih; D. Cermin sesar pada batugamping Formasi Rajamandala berhubungan dengan sesar mendatar; E. Struktur lipatan tegak dan sudah mengalami pembalikan pada lapisan batupasir Formasi Citarum, sebagai indikasi adanya sesar naik. F. Cermin sesar pada tubuh batugamping Formasi Rajamandala dengan kedudukan strike/dip N 235°E/20, pitch 80 S, sense of movement thrust and sinistral, mengindikasikan adanya sesar naik.

Di daerah Tagokapu (E 107° 27'27,8"; S 06° 49'02,3"), keberadaan jalur Sesar Cimandiri dapat diamati dengan jelas, yaitu dengan dijumpai gawir sesar pada tubuh batugamping Formasi Rajamandala (Gambar 13 B). Gawir sesar ini membentuk jalur kelurusan berarah timurlaut-baratdaya, dengan kemiringan lerengnya yang hampir tegak. Di bagian utara dari jalur sesar tersebut, ditutupi oleh tuf berlapis berumur Kuartar. Dari aspek morfologi dan stratigrafinya, dapat disimpulkan kelurusan

sesar tersebut dikontrol oleh sesar normal yang miring ke arah utara.

Pada tubuh batugamping banyak ditemukan cermin sesar, breksi sesar dan struktur kekar dengan intensitas yang tinggi. Cermin sesar dengan pitch yang tinggi umumnya dijumpai sebagai sesar naik bersudut landai, dengan bidang sesarnya relatif sejajar dengan jurus lapisan batugamping, yaitu N 50° E/20 (Gambar 13 F dan 14). Keberadaan cermin sesar dengan pitch yang rendah menunjukkan adanya sesar mendatar dekstral dan sinistral, dengan bidang sesar umumnya berarah

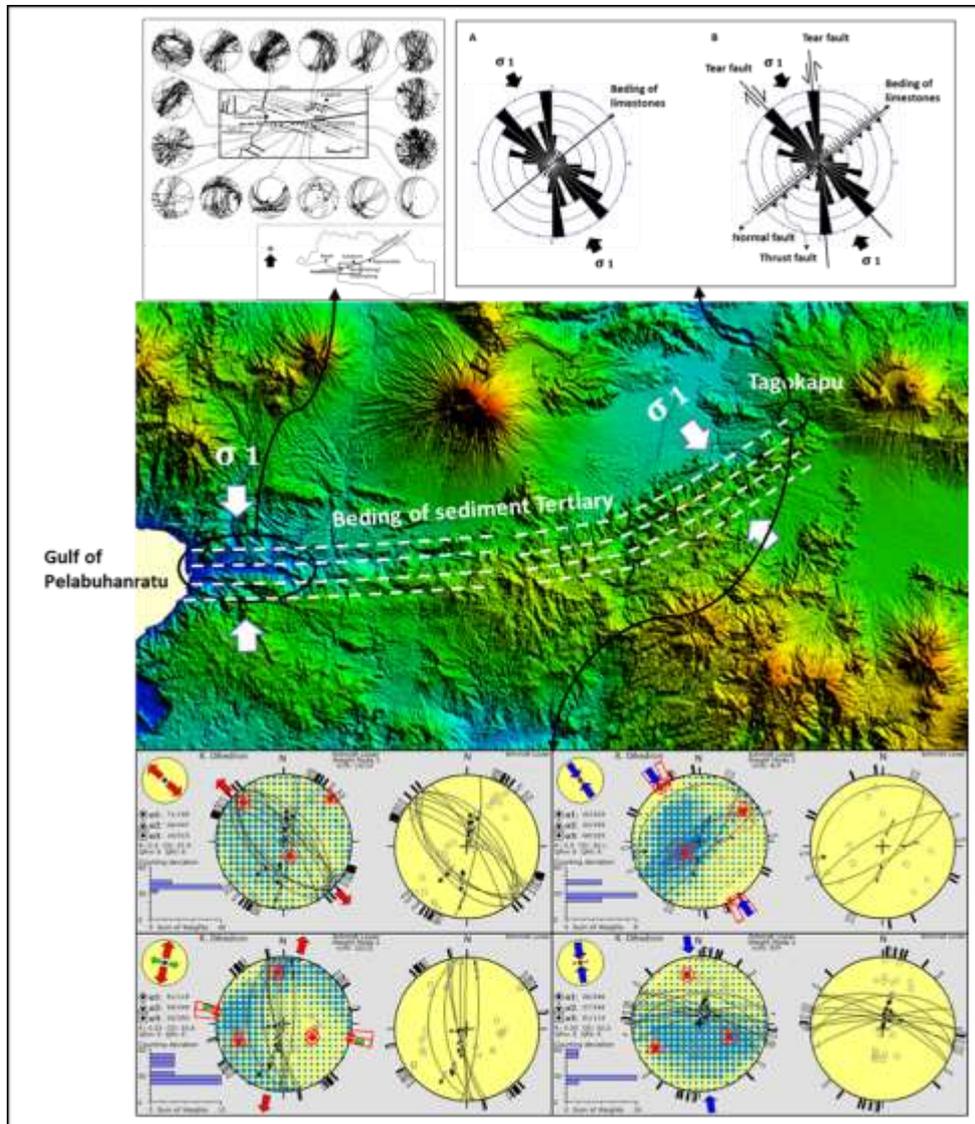
relatif utara-selatan hingga baratlaut-tenggara. Walaupun cermin sesar di daerah ini didominasi oleh sesar mendatar, namun keberadaannya tidak mempengaruhi aspek morfologinya, sehingga disimpulkan sebagai sesar lokal.

Dari aspek morfologi, stratigrafinya dan data cermin sesar, dapat disimpulkan kelurusan Sesar Cimandiri di daerah Tagokapu-Padalarang, dikontrol oleh dua sesar utama, yaitu sesar normal yang miring ke arah utara dan sesar naik yang miring ke arah selatan (Gambar 15).

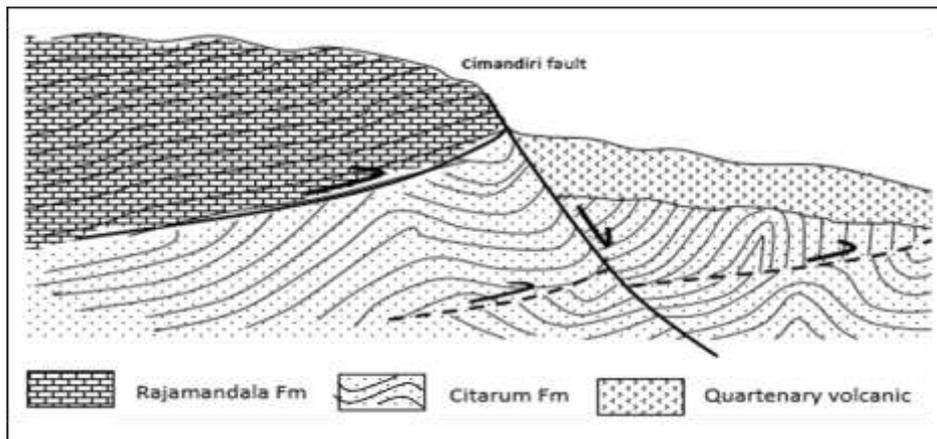
Analisis Tektonik

Dari aspek morfologi baik yang diamati melalui DEM maupun pengamatan langsung di lapangan, menunjukkan bentang alam disepanjang kelurusan Sesar Cimandiri dikontrol oleh struktur lipatan anjakan dan

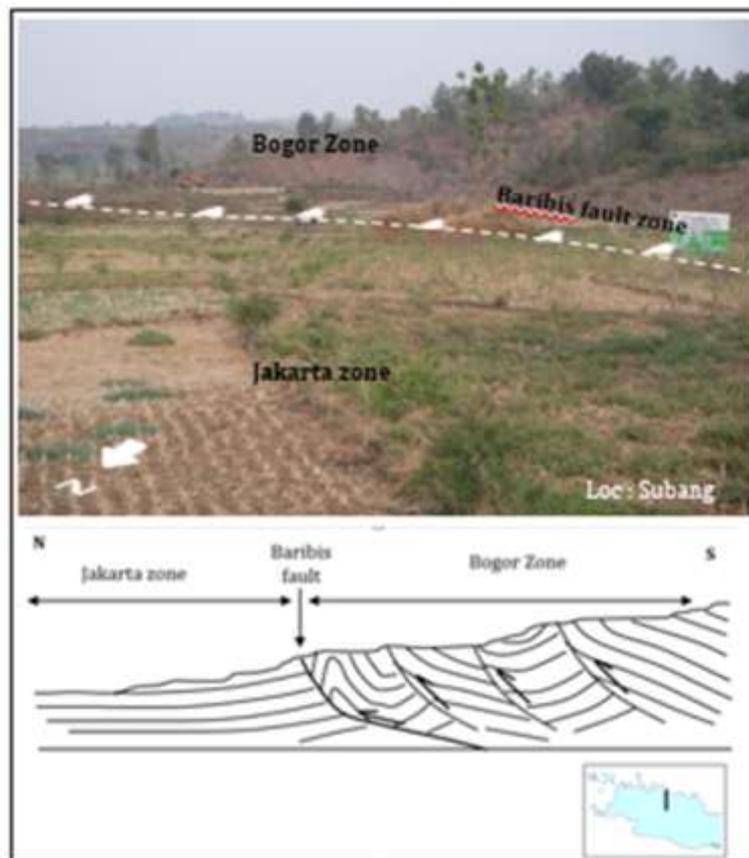
sesar normal. Kemiringan lereng yang terjal berstatus sebagai gawir sesar normal dan turut berperan terhadap terbentuknya jalur kelurusan topografi di atas. Dengan menggunakan konsep struktur dari Wilcox (1973), baik sesar normal maupun sesar naik bersudut besar (*reverse fault*), dapat sama-sama membentuk gawir sesar dengan perbedaan elevasi yang besar. Namun sistem sesar naik (*thrust system*) pada batuan sedimen Tersier di Pulau Jawa, merupakan bagian dari pola struktur lipatan anjakan yang tidak melibatkan batuan dasar (*non-basement involved*) dan merupakan *thin skin tectonic* (Haryanto, 2014). Oleh karena itulah gawir sesar pada sesar naik di Pulau Jawa, umumnya bersudut relatif landai, seperti contohnya pada sesar naik Baribis yang berada di utara Sesar Cimandiri (Gambar 1 dan 16).



Gambar 14. Pola struktur di daerah Tagokapu



Gambar 15. Kelurusan Sesar Cimandiri di daerah Tagokapu-Padalarang, dikontrol oleh sesar normal dan sesar naik (Haryanto, 2014).



Gambar 16. Sesar naik Baribis naik tidak membentuk gawir sesar yang curam (Modifikasi dari Haryanto, 2014).

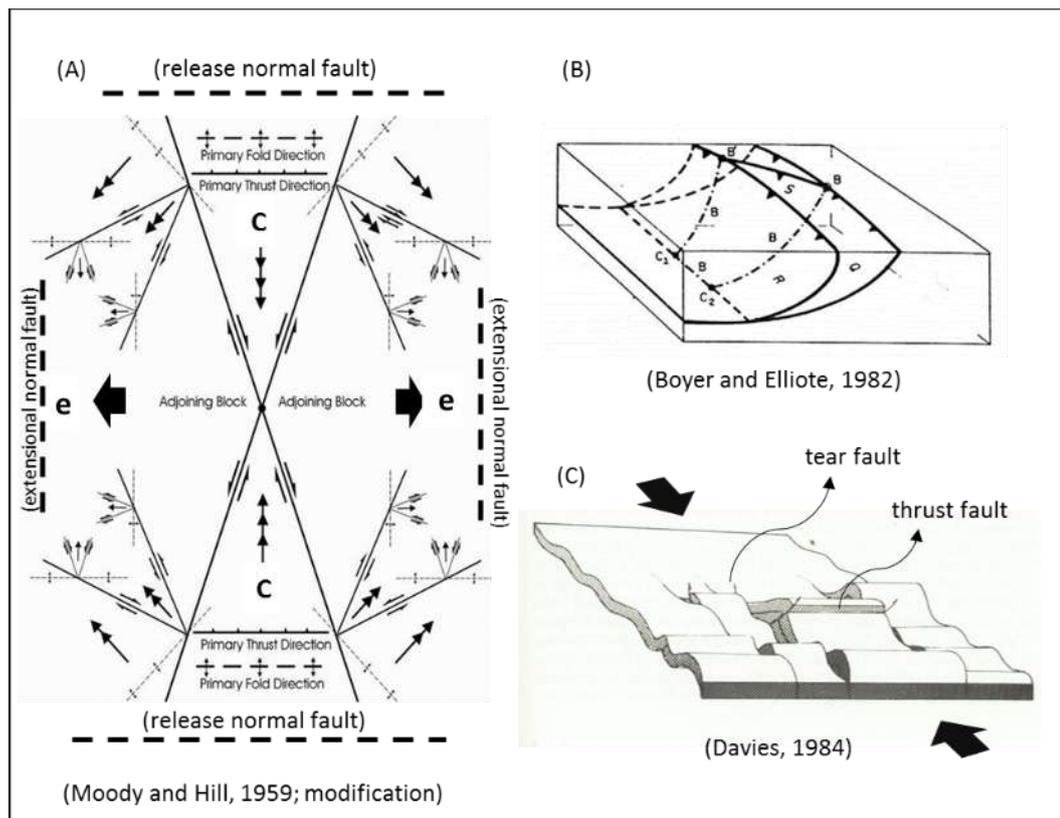
Kedudukan sesar normal dan sesar naik di sepanjang jalur sesar Cimandiri, letaknya saling sejajar dan berimpit. Secara teoritis dengan menggunakan konsep *triaxial stress* (Gambar 17 dan 18), sesar normal yang kedudukannya sejajar dengan sesar naik akan terbentuk terakhir sebagai sesar kesetimbangan (release fault), sedangkan yang saling tegak lurus relatif terbentuk bersamaan. Atas dasar teori tersebut, maka sesar normal regional inilah yang paling

berperan terhadap pembentukan kelurusan topografi di sepanjang zona sesar Cimandiri. Thrust system di Pulau Jawa umumnya berarah barat-timur, kecuali sesar naik Cimandiri segmen timur yang memiliki arah timurlaut-baratdaya (Gambar 1). Beberapa peneliti sebelumnya menyatakan sesar Cimandiri sebagai sesar mendatar dekstral (Martodjojo, 1984; Pulunggono dan Martodjojo, 1986; Noraedi, 1994; Gambar 2). Kesimpulan ini didasarkan pada dua hal, yaitu berdasarkan pada sistem tegasan kompresi

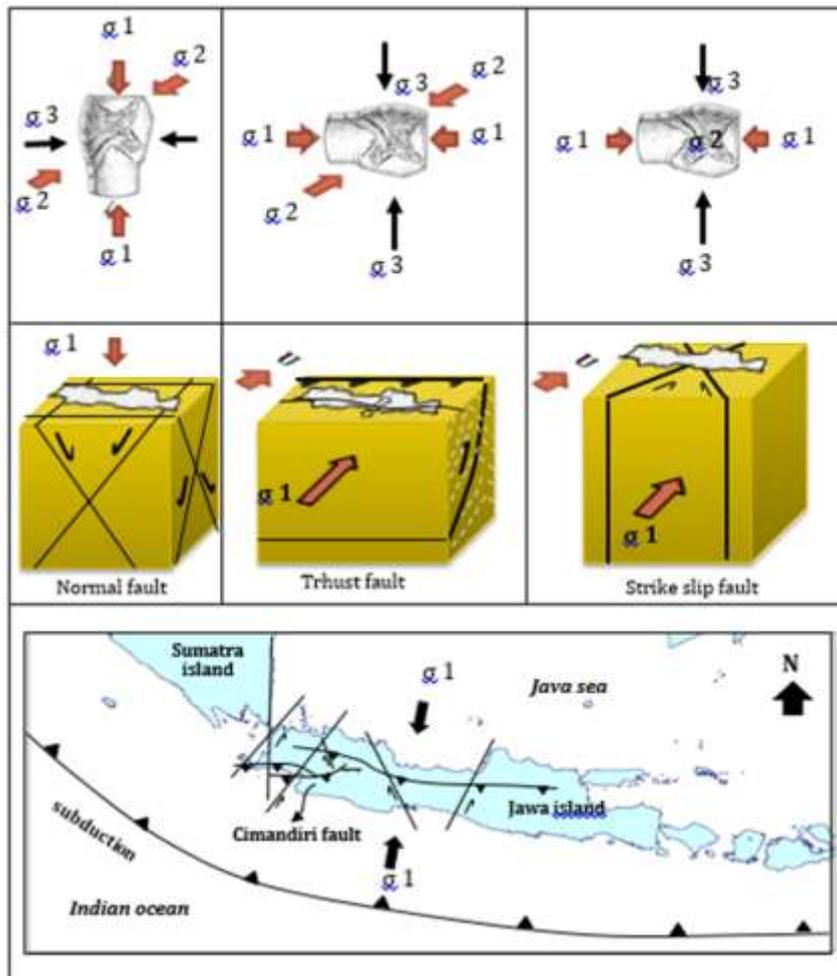
dan data cermin sesar. Berdasarkan pada sistem tegasan, diketahui pembentukan struktur lipatan dan sesar naik di Pulau Jawa, disebabkan oleh tektonik kompresi dengan tegasan utamanya berarah utara-selatan. Sistem tegasan ini berhubungan dengan aktivitas subduksi Tersier di selatan Pulau Jawa yang arahnya barat-timur (Gambar 1). Oleh karena kedudukan sesar Cimandiri pada segmen bagian timur berarah timurlaut-baratdaya, maka secara teoritis sesar tersebut akan berjenis sebagai sesar mendatar sinistral seperti yang disimpulkan oleh Noraedi, 1994; Gambar 10). Namun apabila dikaitkan dengan konsep struktur dari Moody and Hill (1956), jalur sesar Cimandiri yang posisinya sejajar dengan pola lipatannya, lebih sesuai disimpulkan sebagai sesar naik (Gambar 17A). Berubahnya pola lipatan pada segmen timur Sesar Cimandiri, dapat terjadi karena adanya perubahan sistem tegasan secara internal yang menyebabkan terjadinya perubahan pola lipatannya.

Banyaknya cermin sesar di dalam zona sesar Cimandiri dengan nilai pitch yang rendah,

belum tentu menunjukkan sebagai sesar utamanya. Sesar mendatar dapat terjadi bersamaan dengan pembentukan struktur lipatan dan sesar naik. Ketika masa batuan bergerak secara horisontal oleh tektonik kompresi, kecepatan gerakannya dapat berbeda-beda di setiap segmennya. Akibatnya adalah terjadi robekan pada batuan secara lateral yang akhirnya membentuk sesar-sesar mendatar lokal atau lazim dinamakan sebagai tear fault (Gambar 17 C). Adanya perbedaan arah jalur sesar, antara sesar naik Cimandiri dengan sesar naik regional lainnya, dapat dijelaskan dengan mengacu pada konsep pola sesar naik dari Boyer dan Elliotte (1982). Di dalam sistem sesar naik dimungkinkan jalur sesar membusur (melengkung) dan bercabang (*branch fault*; Gambar 17 B). Sesar naik Cimandiri pada segmen timur melengkung ke arah timurlaut-baratdaya dan berkoneksi dengan sesar naik regional lainnya yang berada di sebelah utara, yaitu dengan Sesar Cipeles (Gambar 1).



Gambar 17. Beberapa konsep struktur digunakan untuk menganalisis terbentuknya sesar Cimandiri (Gambar dari berbagai sumber).



Gambar 18. Pola struktur di Pulau Jawa Bagian Barat, dengan menggunakan konsep, antara lain triaxial stress, Moody and Hill (1959), Boyer and Elliotte (1982) dan Davies (1984). (Sumber : dimodifikasi dari Haryanto, 2014).

DISKUSI

Pada waktu Kapur, kedudukan jalur subduksi di Jawa barat berada di daerah Ciletuh. Di dalam lingkungan palung terbentuk endapan melange. Jalur subduksi tersebut mulai bergeser ke selatan, menduduki tempatnya sekarang sebagai subduksi moderen. Peristiwa tersebut berlangsung setidaknya pada waktu Akhir Kapur atau Paleosen. Pada waktu Eosen Tengah kedudukan fore arc basin berada di atas jalur subduksi Kapur. Di dalam cekungan tersebut terakumulasi sedimen Formasi Ciletuh yang menindih tidak selaras di atas melange Kapur. Tidak hadirnya batuan sedimen umur Paleosen di daerah Ciletuh, menunjukkan endapan melange Jaman Kapur pada saat itu, sudah menjadi tinggian dan tererosi. Proses tektonik ini merupakan awal terbentuknya orogenesis di Pulau Jawa atau dinamakan sebagai orogesa I (Gambar 19).

Menjelang Akhir Paleosen-Eosen Bawah, terjadi subsidence menyebabkan daratan Ciletuh tenggelam kembali menjadi

lingkungan laut dalam. Proses sedimentasi di dalamnya diawali oleh fasies batupasir dan diakhiri oleh fasies breksi. Mekanisme sedimentasi berlangsung di bawah pengaruh aliran gravitasi, kondisi tersebut menunjang geometri cekungan pada saat itu memiliki kemiringan lereng yang curam, serta tidak stabil secara tektonik. Lingkungan geologi seperti itu dijumpai pada bagian fore arc dari sistem tumbukan lempeng moderen. Tektonik kompresi terjadi kembali setidaknya menjelang Eosen Akhir, menyebabkan seluruh sedimen berumur Eosen Tengah di dalam cekungan fore arc terangkat kembali. Aktivitas tektonik ini merupakan proses orogenesis ke II, yang menyebabkan terbentuknya sesar naik yang baru, disamping mengaktifkan kembali sesar-sesar naik yang sudah terbentuk sebelumnya di daerah Ciletuh. Mengacu kepada sistem foreland basin yang dikemukakan oleh Deccelles and Giles (1996) dan Cateneanu (2004) (Gambar 20), sesar naik yang baru terbentuk pada saat itu, salah satunya adalah

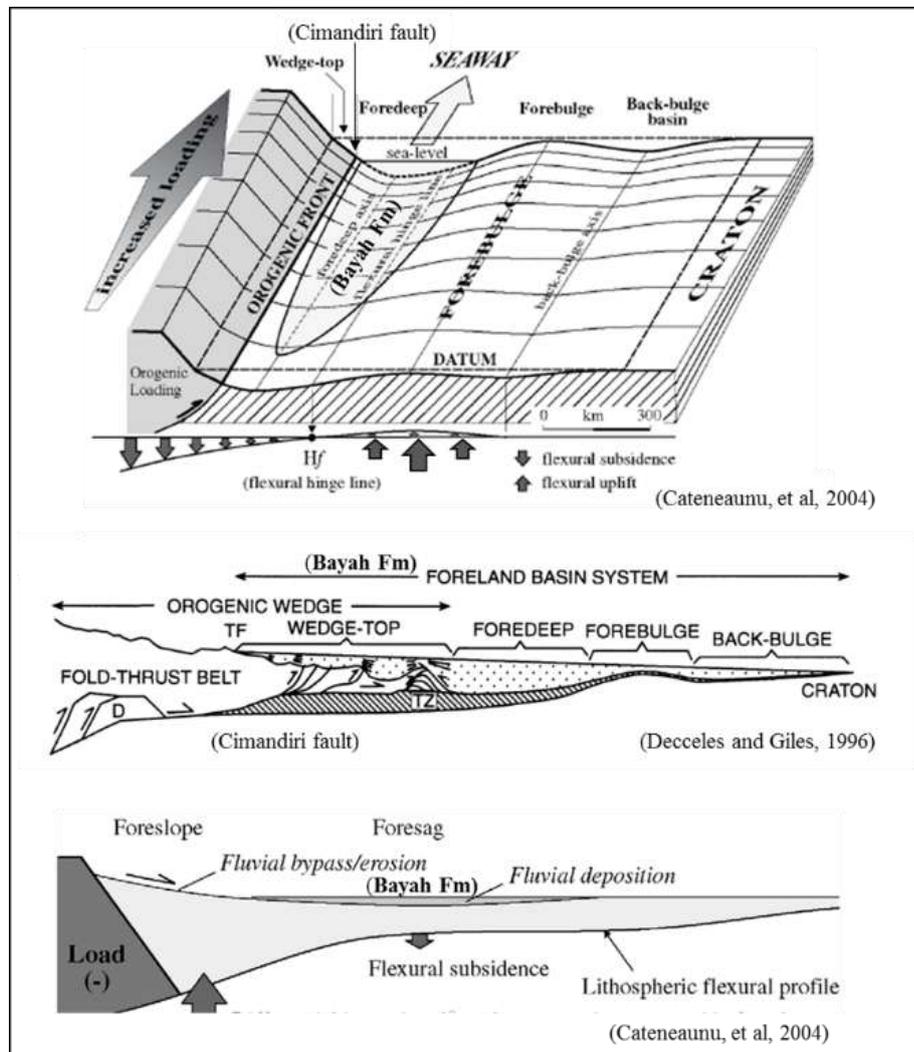
Sesar Cimandiri. Sesar ini berada di bagian wedge-top atau sebagai orogenic front dari orogenesis tahap II. Daerah Cinyomplong yang posisinya di dalam zona sesar Cimandiri, berada di dalam lingkungan wedge-top yang di atasnya berlangsung proses sedimentasi pada lingkungan fluviatil (Gambar 18). Salah satu ciri pengendapan sedimentasi di dalam sistem foreland basin adalah berkembangnya sedimen klastik kasar yang berada pada lingkungan fluviatil-fluvio-deltaik (Deccelles and Giles, 1996; Gambar 20).

KESIMPULAN

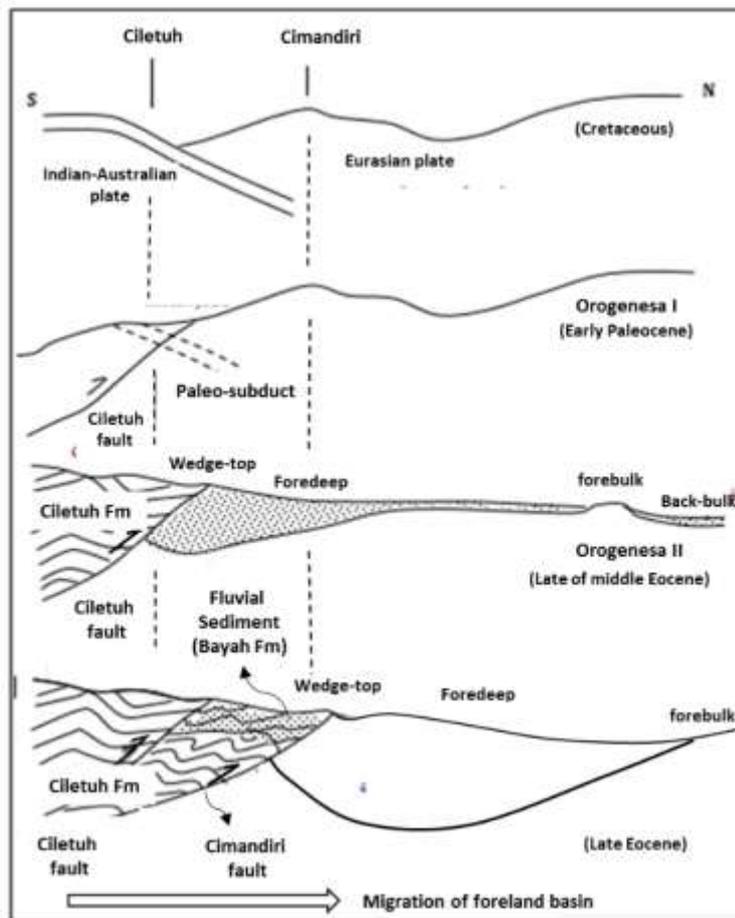
Sesar Cimandiri merupakan sesar tua yang terbentuk selama berlangsungnya orogenesis tahap II. Pada saat itu batuan sedimen Formasi Ciletuh berumur Eosen Tengah yang terbentuk di dalam fore arc basin sudah terangkat ke permukaan. Sesar ini mengalami reaktivasi kembali oleh tektonik kompresi pada waktu Eosen-Oligosen (Eo-

Oligosen) dan membentuk tinggian purba (*paleo-high*). Untuk kedua kalinya sesar Cimandiri teraktifkan kembali sebagai sesar naik, yaitu pada waktu berlangsungnya orogenesis ke III atau bersamaan dengan terbentuknya Sesar Baribis yaitu pada waktu Akhir Tersier. Aktifnya sesar Cimandiri yang terakhir kalinya ini, menyebabkan batuan sedimen berumur Paleogen tersingkap di sebelah selatan sesar naik Cimandiri (*hanging wall*).

Pada Awal Kuartar, tektonik kompresi di Pulau Jawa mulai berkurang dan menyebabkan terjadinya kesetimbangan. Sebagai kompensasinya terbentuk sesar normal regional di sepanjang jalur sesar naik Cimandiri. Bidang sesar normal ini miring ke arah utara, menyebabkan terbentuknya gawir sesar terjal dan terbentuknya depresi di sepanjang Lembah Cimandiri dan terbentuknya depresi Ciranjang.



Gambar 19. Model tektonik foreland basin (dari berbagai sumber dimodifikasi)



Gambar 20. Evolusi orogenesis selama periode waktu Paleogene, dicirikan dengan adanya migrasi *foredeep* ke arah utara (Haryanto, 2014).

PUSTAKA

Boyer, S.E. & Elliott, D., 1982. Thrust System, Buletin AAPG. 66, 9, h. 260-296.
 Catuneanu, O.,2004. Retroarc foreland systems--evolution through time. Journal of African Earth Sciences 38 (2004) 225-242.
 Clements, B. & Hall, R. 2007. Cretaceous to Late Miocene stratigraphic and tectonic evolution of West Java, Indonesian Petroleum Association, Proceedings 31st Annual Convention.
 Crampton, S.L., and Allen, P.A., 1995, Recognition of flexural forebulge unconformities associated with early stage foreland basin development: Example from the North Alpine foreland basin: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 79, p. 1495-1514.
 Davis, D., Suppe, J. & Dahlen, F. A., 1983. Mechanics of fold-and-thrust belts and accretionary wedges. J. geophys. Res., 88, 1153-1172.
 DeCelles, P.G. and Gilest, K.A., 1996. Foreland basin systems. Basin Research (1996) 8, 105-123.

Effendi,A.C., Kusnama & Hermanto,B. 1998. Peta geologi lembar Bogor, Jawa: Direktorat Geologi.
 Hamilton, W. 1979. Tectonics of the Indonesian Region: Geological Survey Professional Paper 1078, US. Government Printing Office.
 Harding, T. P. 1974. Petroleum traps associated with wrench faults, American Association of Petroleum Geologists (AAPG) Bulletin, vol. 58, no. 7, p. 1290-1304.
 Haryanto, I. 2004. Tektonik Sesar Baribis-Cimandiri, Prosiding tahunan IAGI 33.
 Haryanto, I.2014. Evolusi Tektonik Pulau Jawa Bagian Barat Selama Kurun Waktu Kenozoikum. Disertasi Unpad. Tidak dipublikasi. P 247.
 Haryanto, I., et al. 2015. Tectonics Activity and Volcanism Influence to the Garut and Leles Basins Configuration and the Implication on Environmental Geology. International Journal of Science and Research (IJSR), vol 6.
 Katili, J.A. 1975. Volcanism and Plate Tectonics in The Indonesian Island Arcs, *Tectonophysics*, h. 165-188.

- Martodjojo S. 1984. Evolusi Cekungan Bogor, Jawa Barat, Tesis Doktor, Pasca Sarjana ITB. (Tidak dipublikasikan).
- Moody, J.D., and M.J. Hill, 1956, Wrench fault tectonics: Geological Society of America Bulletin, v.67, p.1207-1246.
- Noeradi, N., et al. 1994. Paleostresses and strike-slip movement: the Cimandiri Fault Zone, West Java, Indonesia. Journal of Southeast Asian Earth Sciences, Vol. 9, No.1/2, pp. 3-11.
- Pulunggono, A. & Martodjojo, S. 1994. Perubahan tektonik Paleogen-Neogen merupakan peristiwa tektonik penting di Jawa, Kumpulan Makalah Seminar Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa sejak Akhir Mesozoik hingga Kuartar, Geology Department University of Gadjah Mada, Yogyakarta, p. 1 – 14.
- Schiller, D.M., Garrard, R.A. & Prasetyo, L. 1991. Eocene submarine fan sedimentation in southwest Java, Indonesian Petroleum Association, Proceedings 20th Annual Convention, p. 125-182.
- Sukamto, R. 1973. Geologic Map of the Jampang and Balekambang quadrangles, Java (Quadrangles 9-XIV-A, 8-XIV-C) Scale 1: 100,000, Geological Research and Development Centre, Bandung, 11 p.
- Thayib, E. S., Said, E.L., Siswoyo & Priyomarsono, S. 1975. The status of the mélange complex in the Ciletuh area, South West Java, Indonesian Petroleum Association, Proceedings 6th Annual Convention, p. 241-254.
- van Bemmelen, R. W. 1949. The Geology of Indonesia vol. IA : General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes, (second edition 1970 – reprint), Martinus Nijhoff, The Hague.
- Wilcox, R .E., Harding, T. P. & Seely, D. R. 1973. Basic wrench tectonics, American Association of Petroleum Geologists (AAPG) Bulletin, vol. 57, no. 1, p. 74 – 96.

