

Deformasi Kerak Bumi Segmen-Segmen Sesar Cimandiri

Eddy Z. Gaffar

Pusat Penelitian Geoteknolog LIPI

Abstrak. Indonesia bagian Barat dikenal dengan fenomena tektonika yang cukup menarik dimana penunjaman yang terjadi memanjang dari bagian Barat Sumatra hingga Selatan Jawa. Peristiwa gempa bumi yang berkekuatan 5,1 pada skala Richter terjadi pada tahun 2001 yang mengakibatkan kerusakan pada bangunan dan rumah tinggal di daerah Kabupaten Sukabumi, merupakan salah satu rangkaian peristiwa yang berkaitan dengan tektonika Sumatra dan Jawa. Lokasi penelitian dilakukan pada sebagian zona sesar Cimandiri, sungai Cicareuh, dan Cicatih, penelitian terinci daerah sesar Cimandiri muara sungai Citarik yang merupakan bukti tektonik yang paling muda dan interpretasi foto udara daerah Pelabuhan Ratu sampai Padalarang. Interpretasi Foto Udara digunakan untuk penentuan kelurusan zona sesar Cimandiri. Sesar Cimandiri dapat dibagi menjadi beberapa segmen mulai dari Pelabuhan Ratu sampai Padalarang. Segmen-segmen sesar Cimandiri tersebut adalah segmen sesar Cimandiri Pelabuhan Ratu-Citarik, Citarik-Cadasmalang, Ciceureum-Cirampo, Cirampo-Pangleseran, Pangleseran-Cibeber, dan beberapa segmen Cibeber sampai Padalarang serta segmen Padalarang-Tangkuban Perahu yang dapat diamati sebagai lembah sungai yang berarah hampir timur-barat dan membelok ke arah timur laut mulai dari Cibeber ke arah timur. Analisa struktur geologi memperlihatkan bahwa ada beberapa gaya kompresi yang ada yaitu gaya kompresi berarah $U312^{\circ}T$, $U28^{\circ}T$ dan $U72^{\circ}T$. Disamping itu sesar yang berarah barat-timur ini dipotong oleh sesar yang berarah timur laut-barat daya. Sesar yang berarah timur laut-barat daya tersebut merupakan lajur sesar yang berumur relatif lebih muda dari sesar utama Cimandiri. Diantara lajur sesar yang berarah timur laut-barat daya adalah lajur sesar Citarik yang kemungkinan menerus sampai ke wilayah Bogor dan Jakarta dan lajur sesar Cibadak melalui lokasi daerah longsor Warungkiara menerus sampai kota Cibadak dan desa Nagrak yang pernah dilanda gempa pada tahun 2002. Apabila terjadi gempabumi pada lajur sesar ini akan merusak daerah yang labil tersebut.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Jawa Barat sering diguncang gempabumi tektonik dalam kurun waktu 100 tahun terakhir tidak kurang dari 10 kali gempabumi tektonik kuat yang bersifat merusak melanda wilayah tertentu di Jawa Barat. Berdasarkan tatanan tektonik, struktur sesar, kedudukan pusat gempabumi merusak, wilayah Jawa Barat dan sekitarnya dapat dikenal 6 lajur sumber gempabumi, yakni Lajur sumber gempabumi Selat Sunda, Lajur sumber gempabumi tunjaman selatan Jawa Barat, Lajur sumber gempabumi Bogor-Jakarta, Lajur sumber gempabumi Palabuhanratu-Sukabumi-Padalarang-Subang-Indramayu (lajur Cimandiri), Lajur sumber gempabumi Purwakarta-Subang-Majalengka-Bumiayu (lajur Baribis) dan Lajur sumber

gempabumi Citanduy. Keenam lajur sumber gempabumi disebut sebagai lajur sesar aktif wilayah Jawa Barat.

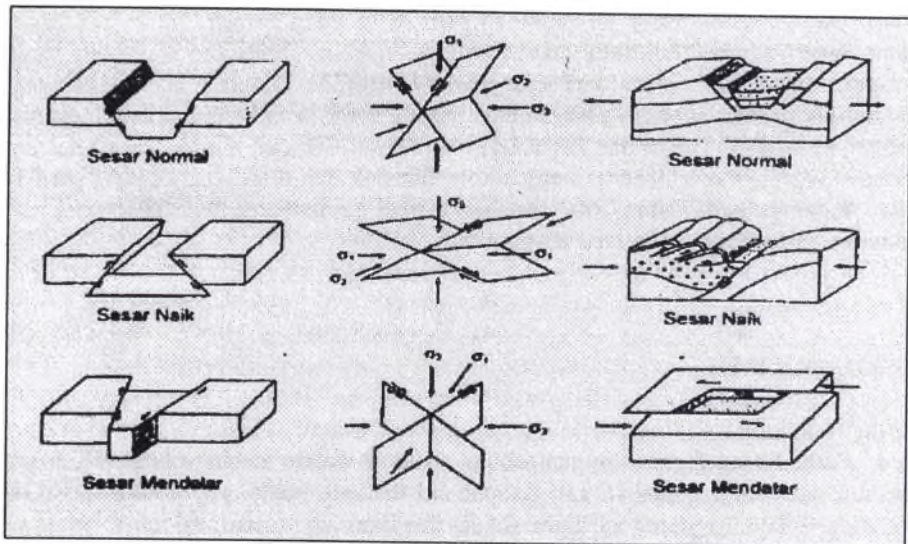
Gempabumi merusak Pelabuhanratu (1900), gempabumi Cibadak (1973), gempabumi Gandasoli (1982), gempabumi Padalarang (1910), gempabumi Tanjungsari (1972) dan gempabumi merusak ini terletak pada daerah yang tidak jauh dari lajur sesar Cimandiri.

Gempabumi-gempabumi merusak tersebut di atas telah mengakibatkan kerusakan infrastruktur dan korban jiwa serta harta benda milyaran rupiah. Selain guncangan tanah kuat dampak dari suatu pergerakan sesar aktif dapat diamati seperti wilayah aktif gerakan tanah dan rayapan, peretakan, serta sedimentasi aktif. Untuk mendapatkan gambaran kedepan dari suatu sistem lajur sesar aktif, perlu dilakukan studi genetika meliputi tektonika, kinematika dan mekanisme sesar (proses) yang menghasilkan/memproduksi dampak tersebut.

Sesar

Sesar atau patahan adalah rekahan pada batuan yang telah mengalami pergeseran melalui bidang rekahnya. Suatu sesar dapat berupa bidang sesar atau rekahan tunggal. Akan tetapi sering terdapat sebagai jalur sesar (Fault Zone) yang terdiri dari lebih dari satu sesar.. Jalur sesar atau jalur penggerusan mempunyai dimensi panjang dan lebar beragam, dari skala minor sampai puluhan kilometer. Kekar yang memperlihatkan pergeseran dapat pula dikatakan sebagai sesar minor.

Dari hasil percobaan Anderson (1951) yang didasari oleh orientasi dan posisi tegasan maksimum (σ_1), tegasan menengah (σ_2) dan tegasan minimum (σ_3), dapat disimpulkan jika σ_1 vertikal maka akan terbentuk sesar normal, σ_2 vertikal maka akan terbentuk sesar mendatar dan σ_3 vertikal maka akan terbentuk sesar naik.



Gambar 1. Hubungan tegasan utama dan jenis sesar yang terjadi

Kekar

Kekar adalah suatu rekahan yang relative tidak mengalami pergeseran, terjadi oleh gejala tektonik maupun non tektonik. Klasifikasi kekar didasarkan kepada:

1. Bentuk
 - a. Sistematis: Joint set, joint system
Kekar sistematis biasanya dijumpai berpasangan dengan arah yang sejajar atau hampir sejajar dan bidang-bidang kekar yang rata atau sedikit melengkung.
 - b. Tak sistematis
2. Ukuran
 - a. Master joint: puluhan sampai ratusan meter
 - b. Minor joint: lebih kecil dari 1 inci
3. Kerapatan
Kerapatan kekar dinyatakan dengan jumlah persatuan jarak lintasan pengamatan yang dibuat tegak lurus
4. Kejadiannya (secara tektonik)
Secara kejadiannya, kekar dapat dibedakan menjadi dua jenis:
 - a. Shear (kekar gerus) terjadi akibat tegasan
 - b. Tension (kekar tarikan)
Kekar tarikan dapat dibedakan atas Tension fracture dan Release fracture. Tension fracture yaitu kekar tarik yang bidang rekahnya searah dengan tegasan. Kekar jenis inilah yang biasanya terisi oleh cairan hidrotermal yang kemudian berubah menjadi urat. Release fracture adalah kekar tarik yang terbentuk akibat hilangnya atau pengurangan tekanan, orientasinya tegak lurus terhadap tegasan terbesar.

TINJAUAN GEOLOGI REGIONAL

Keadaan tektonika dan pergerakan sesar Sumatra-Jawa menggambarkan keadaan tektonika daerah Jawa Barat bagian Selatan. Dari bentuk penunjaman dan pergerakan yang terjadi dibagian selatan Jawa diantaranya menghasilkan sesar aktif yang dikenal dengan Cimandiri Fault Zona yang mempunyai arah hampir timur-barat (Djedi, S.W. dkk, 2000) dari sesar utama banyak ditemukan sesar-sesar ikutan, diantaranya sepanjang arah sungai Citarik, Cicareuh dan sungai Cicatih yang umumnya mempunyai arah hampir utara-selatan dan timur laut-barat daya.

Batuan tertua yang tersingkap terdiri dari pasir kuarsa dan lempung dari Formasi Ciletuh, kemudian di atasnya adalah satuan napal tufaan, lempung napalan, batupasir dan lensa-lensa batugamping yang merupakan Formasi Walat, Batuasih dan Rajamandala. Secara selaras di atasnya diendapkan breksi aliran bersusunan andesit yang tersemen baik dari Formasi Jampang. Formasi di atas ditutupi secara tidak selaras oleh rempah gunungapi berupa breksi, breksi tufaan, batugamping, aliran lava dan batupasir tufaan, umumnya berlapis kurang baik. Selanjutnya secara tidak selaras di atasnya diendapkan Formasi Lengkong terdiri dari batupasir gampingan, perselingan pasir halus, lanau dan batulempung. Di atasnya diendapkan Formasi Citarum, Formasi Cimandiri dan Formasi Bojonglopang. Secara selaras di atasnya diendapkan Formasi Nyalindung yang terdiri dari batupasir gampingan, batulempung, napal pasiran, konglomerat, breksi, batugamping yang diikuti oleh pengendapan Formasi Bentang dan Besar terdiri dari batupasir tufaan dan

batuapung, napal tufaan, serpih tufaan dan breksi konglomeratan (Effendi, A.C, dkk 1998 dan Sudjatmiko, 1972).

Di atas batuan sedimen tersebut di atas, diendapkan batuan breksi gunungapi yang terdiri dari breksi bersusunan fragmen andesit, basal, setempat aglomerat lapuk dan batuan lava yang berumur Kuartar. Selanjutnya di atasnya diendapkan aluvial yang terdiri dari fragmen berukuran lempung, lanau, kerikil, kerakal,

KEGIATAN LAPANGAN

Dalam pelaksanaannya kegiatan lapangan adalah penelitian yang berkaitan dengan Seismotektonik yang mencakup beberapa daerah dimulai dari muara sungai Cimandiri di Pelabuhan Ratu menerus sampai ke timur sungai Cimandiri yang merupakan lajur sesar Cimandiri dan pengecekan hasil interpretasi foto udara terutama dalam hal sesar dan kelurusan.

Pekerjaan lapangan yang dituangkan dalam studi ini dibagi atas dua bagian yakni geologi dan geofisika. Kegiatan lapangan geologi meliputi studi morfodinamika, kinematika sesar, dinamika endapan kuartar serta segmentasi sesar sedangkan kegiatan lapangan geofisika akan ditekankan pada dinamika kegempaan makro dan mikro, terutama melihat bukti di lapangan dan keterangan dari penduduk setempat.

PEMBAHASAN

Dalam pembahasan dicoba untuk melihat kondisi tektonika dengan aspek seismotektonik yang ditemukan selama kegiatan lapangan, dan kaitannya dengan gerakan tanah yang pernah terjadi di daerah atau lokasi penelitian yang disebutkan terdahulu.

1. Seismotektonik

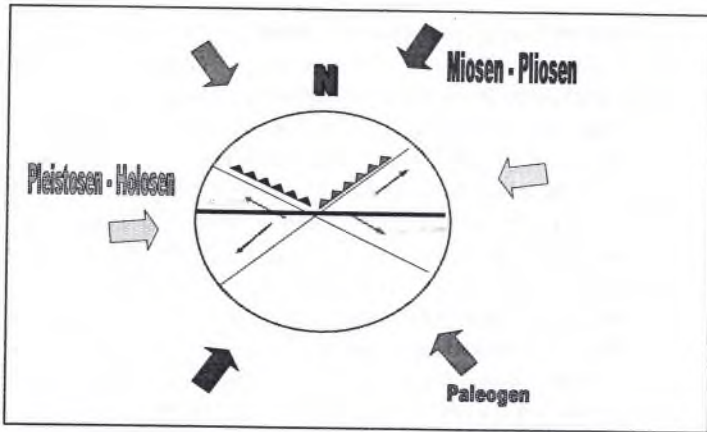
Kegiatan tektonik pada daerah penelitian dibagi atas dua bagian yaitu tektonik regional dan tektonik lokal. Kegiatan tektonik regional mencakup tektonik pulau Sumatera dan pulau Jawa yang merupakan bagian dari lempeng kerak benua Eurasia dan lempeng kerak samudra Hindia. Tektonik lokal di daerah ini dapat dikenal atas tiga tingkatan (fasa). Ketiga fasa tersebut adalah fasa tektonik Paleogen, fasa tektonik Neogen dan fasa tektonik Kuartar. Ciri ketiga fasa tektonik ini dapat didefinisikan di lapangan melalui studi kinematika sesar.

a. Fasa Tektonik Paleogen

Batuan tertua yang tersingkap di sekitar daerah studi adalah kelompok akresi yang dapat dijumpai di teluk Ciletuh, terdiri dari batuan tektonik melange yang diduga terbentuk pada Paleosen Atas-Eosen Bawah serta batuan sedimen genangan berumur Eosen Tengah-Eosen Bawah.

Suparka (1980) mendapatkan arah sumbu deformasi batuan tektonik melange berarah $U235^{\circ}-330^{\circ} T$ dengan kemiringan utama ke utara sebagai akibat gaya kompresi berarah $U315^{\circ} T$. Gaya tektonik tersebut diduga telah bekerja sejak kala Kapur Atas dan mencapai puncaknya pada Paleosen Atas-Eosen Tengah dengan terbentuknya batuan tektonik melange Ciletuh. Hal ini kemudian diimbangi dengan akresi kompleks Ciletuh yang disertai dengan sesar naik. Diantara sesar naik ini diendapkan sedimen genangan Formasi Citirem.

- b. Pada fasa tektonik Oligosen Atas di selatan daerah studi terjadi pengangkatan. Sedimen genangan dari formasi Citirem dan kompleks tektonik melange Ciletuh mengalami perlipatan sedangkan dibagian utara terjadi pengangkatan sedimen Formasi Walat dan kegiatan tektonik ini di selatan dibuktikan oleh adanya kontak ketidak selarasan antara batuan formasi Ciletuh dengan formasi Jampang yang berumur Miosen Bawah-Miosen Tengah bagian Atas. Formasi ini diterobos oleh retas basal, dasit dan granodiorit. Hasil penentuan umur mutlak retas dasit dari daerah Salopa menunjukkan $19,58 \pm 1,22$ juta tahun atau tengah-tengah Miosen Awal bagian Atas, sehingga dengan demikian umur mutlak formasi Jampang tidak akan jauh lebih tua dari Miosen Awal bagian Atas. Kegiatan tektonik fasa Oligosen ini tidak dapat diamati di sepanjang sungai Cimandiri, yang mana pada saat terjadinya fasa tektonik Oligosen tersebut, wilayah ini masih berupa cekungan sedimentasi batuan yang lebih tua dari formasi yang ada saat ini.
- c. Fasa Tektonik Neogen. Batuan berumur Neogen yang terdapat di daerah aliran sungai Cimandiri terdiri dari batuan formasi Jampang (Sukamto, 1975). Formasi Jampang dijumpai berupa hasil aktifitas gunungapi bawah laut (Baumann dkk, 1973) atau akibat mekanisme pengangkatan dan pengendapan material yang berasal dari gunungapi yang dikuasai oleh aliran sedimen gaya berat yang dipicu oleh getaran gempabumi ataupun tektonik pada Miosen Awal bagian Atas (Masria, 1984). Suparka (1980) berpendapat sumbu perlipatan batuan formasi Jampang berkisar $U 290^{\circ}-355^{\circ}T$. Penulis berpendapat pada kegiatan tektonik inilah terbentuknya lajur sesar Cimandiri. Jejak tektonik ini dapat diamati dari kinematika gerak sesar di dekat desa Cibuntu pada singkapan serpih .
Deformasi yang terjadi setelah pengendapan Formasi Jampang pada Miosen Awal bagian Atas ditandai oleh adanya ketidak selarasan antara batuan Formasi Jampang dengan batuan Formasi Cimandiri yang berumur Miosen Tengah (Masria, 1984).
- d. Fasa Tektonik Kuartar.
Fasa tektonik Kuartar (Neotektonik) di daerah ini diungkapkan oleh Suparka (1980), dengan dijumpai endapan teras tua mengandung emas dan endapan pantai yang mengandung titanit magnetit menutupi dataran tinggi Jampang. Endapan pantainya dijumpai pada ketinggian sekitar 250 meter diatas muka laut. Sukamto (1975) beranggapan bahwa endapan pantai ini berumur Plestosen. Masria (1984) berpendapat bahwa endapan undak pantai di daerah Jampang terangkat sekitar 10 sampai 35 meter di atas permukaan sungai yang sekarang. Undak sungai di sepanjang aliran sungai Cimandiri di sekitar teluk Pelabuhan Ratu terangkat 5 sampai 10 meter. Diduga bahwa endapan undak sungai dan pantai tersebut sebagai hasil pengangkatan Plio-Plistosen dan erat kaitannya dengan gaya kompresi berarah utara-selatan. Gaya kompresi ini mengaktifkan kembali zona struktur sesar Cimandiri yang sudah ada sebelumnya. Akibat perubahan orientasi arah gaya sesar Cimandiri pada fasa ini, sesar Cimandiri memperlihatkan ciri sesar mendatar dengan arah bidang sesar berarah $U90^{\circ}T$.



Gambar 4. Tegangan utama dan sesar dengan umur yang berbeda

2. Sesar Cimandiri

Secara fisual lajur sesar Cimandiri dilapangan diamati dari jalan raya bagian utara dari sungai Cimandiri berupa lembah sungai yang memanjang dengan arah hampir barat-timur. Lembah sungai ini di sebelah selatan dicirikan oleh tebing yang cukup terjal berbeda dengan bagian utara yang dicirikan oleh perubahan yang bersifat berangsur, kadang-kadang terjal, kadang-kadang terlihat agak landai. Fenomena ini sangat ditentukan oleh sifat fisik batuan yang menyusun kedua sisi lembah tersebut. Dinding selatan lembah disusun oleh batuan Formasi Jampang yang bersifat kompak, sedangkan dinding utara disusun oleh Formasi Cimandiri, Bojonglopang dan Nyalindung yang terdiri dari perselingan batulempung dan batupasir yang bersifat kurang kompak dibandingkan dengan Formasi Jampang. Adanya kontak struktur geologi berupa gawir sesar menambah kesan keterjalan tersebut. Disamping itu lembah yang berarah barat-timur ini dipotong oleh lembah yang berarah utara-selatan. Lembah yang berarah utara-selatan tersebut merupakan lajur sesar yang berumur relatif lebih muda dari sesar utama Cimandiri. Pada lembah pertemuan kedua lajur sesar ini dapat dijumpai lembah sungai yang berbelok-belok mengikuti zona lemah lajur sesar yang ada. Terkadang kita menjumpai adanya ofsit sungai sebagai tanda gerak pergeseran sesar. Fenomena penting lainnya dapat pula diamati pada lajur sesar tersebut berupa dinamika sedimentasi endapan kuarter dalam cekungan berukuran kecil yang terbentuk oleh kedua sistim sesar tersebut. Dinamika endapan kuarter dalam cekungan berukuran kecil seperti cekungan "enclon" dan "pullpart" sering dijumpai di sepanjang lajur sesar Cimandiri. Salah satunya yakni lajur "enclon" Citarik-Cimandiri di desa Babakan, Pelabuhan Ratu. Pada cekungan sedimentasi Resen ini dapat dijumpai endapan sungai yang dapat diikuti perubahan fasiesnya secara mendasar. Kearah muara (barat) dijumpai endapan sedimen cekungan yang mendalam, sedangkan kearah timur berturut-turut dijumpai fasies endapan sungai yang lebih muda menindih endapan fasies yang lebih tua. Selanjutnya dijumpai fasies termuda dimana proses sedimentasi sedang berlangsung saat ini. Kesan urutan batuan yang tua ke muda ini dapat ditentukan dari ciri-ciri batuan penyusun, morfologinya serta vegetasi yang menutupi endapan tersebut. Fenomena hadirnya cekungan-cekungan sedimentasi serupa banyak dijumpai disepanjang lajur sesar Cimandiri.

Berdasarkan ciri-ciri tersebut diatas, antara Pelabuhan Ratu hingga Padalarang, dijumpai segmen-segmen sesar Cimandiri yang dapat dipisahkan antara satu dengan yang lainnya. Segmen-segmen sesar Cimandiri tersebut adalah segmen sesar Cimandiri Pelabuhan Ratu-Citarik, Citarik-Cadasmalang, Ciceureum-Cirampo, Cirampo-Pangleseran dan Pangleseran-Cibeber dan beberapa segmen antara Cibeber-Padalarang.

Sesar Cimandiri segmen Pelabuhan Ratu-Citarik memperlihatkan ciri bentangalam pedataran dan perbukitan landai di sebelah selatan sedangkan bagian utara terlihat morfologi hampir serupa namun dapat dibedakan adanya morfologi kubah batuan intrusi. Pedataran selatan terdiri dari teras sungai Cimandiri purba yang berkembang baik. Teras ini terlihat mempunyai ketinggian ± 12 meter dari dasar sungai sedangkan dari tepi pantai diperkirakan sekitar 15 meter. Berdasarkan pengamatan fisik, dijumpai 3 teras sungai Cimandiri pada segmen ini. Pembelokan sungai Cimandiri disebelah barat desa Babakan memperlihatkan ciri pembelokan sesar. Kesan struktur sesar ini dapat ditelusuri morfologi batuan andesit disekitar desa Babakan dengan pola kelurusan berarah U 20°T yang berupa sesar sekunder dari sesar Citarik. Dijumpai adanya cekungan sedimentasi baru sepanjang lembah sungai Cimandiri memperlihatkan adanya perubahan elevasi sungai secara tiba-tiba sebagai kesan perubahan tingkat energi sungai yang pada gilirannya terjebak dalam sistim cekungan-cekungan kecil yang bersifat lokal sebagai akibat deformasi besar. Kesan seperti ini banyak dijumpai pada lajur sesar Cimandiri segmen Pelabuhan Ratu-Citarik.

Sesar Cimandiri segmen Citarik-Cadasmalang dicirikan oleh kesan bentangalam terjal pada dinding sesar bagian selatan sedangkan dinding lembah bagian utara terlihat landai. Pada segmen ini dapat dijumpai morfologi terjal yang berbelok-belok sehingga kesan adanya perubahan energi sungai yang disebabkan oleh perubahan elevasi dasar sungai itu sendiri. Pada sungai ini paling sedikit dapat dijumpai tiga pembelokan sungai yang cukup signifikan. Setiap pembelokan sungai ini selalu diikuti oleh adanya sedimentasi pada sistem beting sungai. Disini dapat dianggap ciri seperti ini adalah ciri struktur bersifat lokal dalam satu segmen sistim sesar. Ciri sub-segmen ini tetap dapat diikuti secara seksama.

Sistem sesar Cimandiri segmen Cadasmalang-Cirampo. Sesar Cimandiri segmen ini mempunyai panjang yang hampir sama dengan segmen sebelumnya. Kesan bentangalam pada segmen ini diperlihatkan oleh tebing sesar yang tidak terlalu terjal seperti pada segmen sebelumnya baik pada sisi lembah sesar bagian utara maupun bagian selatan. Kesan pembelokan alur sungai pada segmen ini sangat menonjol dibandingkan dengan segmen sebelumnya. Berdasarkan ciri perubahan morfologi sungai pada segmen ini, dijumpai empat sub-segmen. Batas setiap sub-segmen dengan sub-segmen lainnya selalu dicirikan oleh adanya kesan kelurusan sesar dengan arah memotong morfologi struktur sesar utama Cimandiri. Morfologi struktur sesar ini terlihat umumnya berarah hampir utara-selatan dan timur laut-barat daya..

Sistem sesar Cimandiri segmen Cirampo-Pangleseran. Sistem sesar ini mempunyai dimensi panjang yang lebih pendek dari kedua segmen sebelumnya, dan hampir sama panjangnya dengan segmen pertama. Kesan bentangalam sesar ini hampir sama dengan segmen sebelumnya dimana tebing selatan memperlihatkan perubahan secara berangsur, begitu juga dengan tebing utara. Kesan pembelokan sungai pada segmen ini tidak serumit segmen sebelumnya. Sungai-sungai pada segmen ini berbelok dengan sudut pembelokan tidak setajam seperti segmen sebelumnya. Diperkirakan pembelokan sungai ini disebabkan oleh adanya offset.



Gambar 6. Peta DEM Pelabuhan Ratu-Tangkuban Perahu yang memperlihatkan lajur sesar Cimandiri

3. Sesar Cicareuh

Sesar Cicareuh adalah sesar yang terdapat sepanjang sungai Cicareuh berarah timur laut – barat daya merupakan batas sesar Cimandiri segmen Citarik-Cadasmalang dengan segmen Cadasmalang-Cirampo. Perpotongan sesar Cimandiri dengan sesar Cicareuh terdapat air panas dengan suhu $\pm 25-30^{\circ}\text{C}$. Bila diikuti ke utara-timurnya pada kampung Baeud Desa Warungkiara terdapat pergeseran jalan raya dan telah terjadi empat kali longsor dimana sebelumnya terjadi getaran yang dirasakan oleh penduduk setempat. Menurut bapak Yusuf Efendi tanah longsor yang pertama adalah pada tahun 1945, kedua tahun 1948, ketiga tahun 1954 dan terakhir tahun 2001 dimana 63 KK harus diungsikan ketempat lain. Rumah bapak Ading Sumantri dengan lokasi $6^{\circ}58'53,7''$ S dan $106^{\circ}42'30,4''$ E terjadi keretakan pada dinding rumah yang berdekatan dengan jalan raya yang bergeser.

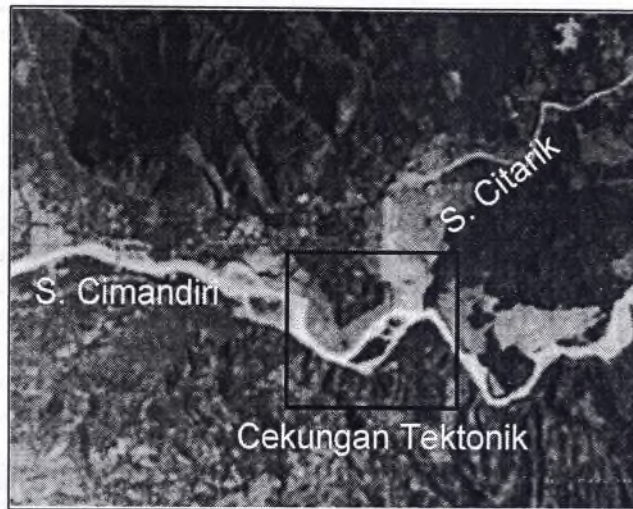
Sesar Cicatih adalah sesar yang berarah hampir utara selatan mengikuti arah sungai Cacatih dan dipotong oleh sesar Cicareuh selanjutnya setelah perpotongan kedua sesar ini, sesar Cicareuh dengan arah yang sama mengikuti alur sungai Cicatih sampai di daerah kota Cibadak dan menerus ke desa Nagrak. Lembah sesar Cicareuh dan kota Cibadak terletak pada lajur sesar ini. Berdasarkan pengamatan sementara ke lokasi kota Cibadak, rumah yang terdapat pada pinggiran sungai Cibadak berada pada batuan yang tidak terlalu kompak yang merupakan batuan endapan sungai tua. Diduga bahwa yang menjadi batuan yang berada dibawah kota Cibadak terdiri dari batuan sedimen sungai tua yang tidak kompak, dimana bila terjadi pergeseran atau pelepasan energi pada lajur sesar Cicareuh, maka kota Cibadak pun akan mengalami gerakan yang cukup kuat untuk merusak pemukiman dan bangunan lain. Adapun gempa terakhir yang terjadi di daerah Kecamatan Nagrak dan Cibadak adalah tanggal 12 Juli 2002

Dari peta jalur sesar-sesar aktif dan kelurusan struktur di Jawa Barat (Soehaimi, dkk, 1998), terlihat bahwa sesar yang penulis sebut dengan sesar Citarik berawal dari teluk Pelabuhan Ratu menerus sampai Bogor dan Jakarta bagian timur (Bekasi). Dari interpretasi foto udara terlihat bahwa sesar dengan arah timur laut barat daya (seperti sesar Cibadak) mengakibatkan sesar Cimandiri bagian timur tersesarkan kearah utara dan bagian barat relatif kearah selatan. Kemungkinan sesar ini merupakan sesar geser yang lebih muda daripada sesar Cimandiri. Bukti

lain adalah adanya mata air panas pada ujung selatan sesar Cibadak, daerah Warungkiara yang labil dan pernah mengalami empat kali longsor disertai gempa, gempa tanggal 12 Juli 2002 yang mengguncang desa Nagrak di timur laut kota Cibadak, Gempa Pelabuhan Ratu pada tanggal 26 Nopember 1973 yang merusak desa Citarik dan Cidadap, Gempa pada 10 Februari 1982 yang merusak daerah Gandasoli dan gempa pada 17 Agustus 1998 di selatan kota Sukabumi. Gempa dan longoran tersebut di atas bukan terjadi pada lajur sesar Cimandiri, melainkan pada sesar yang memotong sesar Cimandiri berarah timur laut-barat daya.

4. Tektonik Pengendapan Holosen

Tektonik pengendapan Holosen ini dijumpai di desa Babakan pada pertemuan aliran sungai Cimandiri dan sungai Citarik. Berdasarkan kondisi geologinya, cekungan sedimentasi ini dapat diamati dari sisi bentangalam, batuan, struktur geologi dan mekanisme pengendapan. Secara fisik, cekungan ini mempunyai panjang $\pm 1,25$ km dan lebar ± 1 km.



Gambar 7. Cekungan pengendapan akibat peristiwa tektonik S. Cimandiri

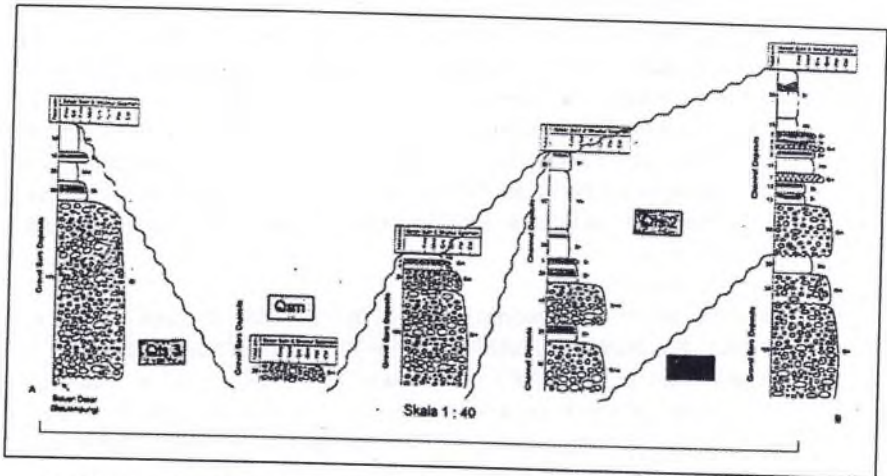
a. Bentang alam

Bentangalam daerah cekungan pengendapan secara fisik dapat dikenal berupa bentangalam lembah sungai sesar, punggung bukit sesar, lereng bukit sesar dan teras sungai.

▪ *Lembah Sungai Sesar*

Lembah sungai sesar ini dijumpai berupa lembah yang terbentuk oleh kontrol struktur sesar, disepanjang pertemuan aliran sungai Citarik dengan sungai Cimandiri. Lembah sungai ini terlihat terbuka, dengan tebing sungai umumnya bersifat landai, namun di beberapa tempat seperti dinding bagian selatan dijumpai cukup terjal, karena bersentuhan langsung dengan bidang sesar. Lembah sungai sesar ini memiliki lebar antara 200 meter hingga 300 meter. Diantara pertemuan sungai Citarik dengan sungai Cimandiri, lebar lembah sungai mencapai ± 400 meter.

- *Punggungan Bukit Sesar*
Punggungan bukit sesar merupakan batas cekungan bagian timur. Bagian sebelah utara punggungan ini berbatasan dengan lembah aliran sungai Citarik. Sedangkan bagian sebelah selatan berbatasan dengan lembah sungai Cimandiri. Punggungan bukit sesar ini terlihat memanjang dengan arah barat-timur mengikuti pola strukturbatuan penyusunnya. Secara fisik, punggungan ini berlereng landai, ditumbuhi oleh berbagai macam vegetasi dan tanaman budidaya seperti kelapa, aren, petai, nangka, dan lain sebagainya.
- *Lereng Bukit Sesar*
Lereng bukit sesar merupakan morfologi batas lembah bagian selatan. Lereng bukit sesar ini terlihat memanjang dengan arah barat-timur dengan kemiringan terjal 70% ($>60^\circ$). Pada lereng bukit sesar yang terjal ini terjadi longsoran berupa longsoran tanah lapuk, longsoran batuan (rock fall). Kelongsoran batuan dan tanah lapuk pada lereng bukit sesar ini, selain disebabkan oleh ciri fisik batuan yang terkekarkan oleh sesar dan kemiringan lereng juga sangat dipengaruhi oleh gundulnya lereng oleh vegetasi.
- *Teras Sungai*
Teras sungai di dalam cekungan ini dijumpai merupakan bagian bentangalam yang terletak di dalam lembah sungai. Kedua bentangalam ini mempunyai keterkaitan erat satu dengan lainnya. Berdasarkan urutan kejadiannya, lembah sungai terlebih dahulu terbentuk dan kemudian barulah bentangalam teras sungai terbentuk di dalam lembah sungai. Bentangalam teras sungai ini memperlihatkan ciri bentangalam menangga, dimana bentangalam berketinggian lebih tinggi terbentuk lebih awal dari yang berada di bawahnya. Ciri khusus lain yang dapat terlihat pada bentangalam ini mempunyai permukaan datar. Berdasarkan ciri-ciri tersebut, di dalam lembah sungai sesar di kampung Babakan ini dapat dijumpai ada empat teras sungai. Endapan teras pertama (Qts 1) dijumpai didinding sungai Cimandiri bagian tenggara yang ditutupi oleh endapan teras kedua (Qts 2) yang juga terdapat di sandbar bagian tenggara sungai Cimandiri. Dalam urutan endapan teras yang terletak didinding sungai Cimandiri bagian tenggara ini, dijumpai ada dua bidang ketidak selarasan. Bidang ketidak selarasan pertama dijumpai dibawah lapisan konglomkerat pada endapan teras kedua (Qtsc 2) sebagai pemisah antara teras pertama dan kedua sedangkan bidang ketidak selarasan kedua dijumpai pada akhir pengendapan teras kedua. Endapan teras ketiga (Qts 3) dijumpai pada bagian tengah sandbar sungai Cimandiri dan bagian barat laut dinding sungai Cimandiri. Secara umum endapan teras ketiga ini disusun oleh konglomerat dengan besar butir kerakal-berangkal yang bersisipan dengan lapisan tipis endapan pasir. Endapan teras ini dapat dilihat pada penampang melintang dari arah barat laut ke arah tenggara melalui endapan teras ini.



Gambar 8. Korelasi endapan sungai pada sekitar daerah cekungan tektonik.

b. Batuan

Batuan yang menyusun cekungan ini terdiri dari Satuan Breksi (Formasi Jampang), Satuan Batulempung, Satuan Teras Tua, Satuan Teras Muda dan Satuan Endapan Sungai.

▪ *Satuan Breksi*

Satuan breksi merupakan batuan tertua yang melandasi cekungan yang dijumpai pada bagian selatan. Di dalam satuan breksi ini dapat dijumpai lava, kadang-kadang batupasir tufaan dan tufa, bersifat sangat padu dan keras. Secara keseluruhan, batuan tersebut merupakan kesatuan dan sangat susah untuk dipisahkan satu maupun lainnya. Selain sukar untuk dipisahkan, batuan tersebut telah terkekarkan dan tersesarkan.

▪ *Satuan Batulempung*

Satuan batulempung di dalam cekungan ini dijumpai tersingkap secara setempat-setempat pada aliran sungai Cimandiri dan sungai Citarik. Di beberapa lokasi dijumpai batulempung ini terlihat terletak secara tidak selaras diatas satuan breksi yang diperkirakan oleh perbedaan sudut kemiringan perlapisan batuan. Tidak menerusnya singkapan batuan ini disebabkan tertutup oleh endapan sungai muda dan endapan teras. Selain itu, adanya struktur geologi mempengaruhi pula penyebaran satuan batuan tersebut.

▪ *Satuan Teras Tua*

Satuan teras tua ini dijumpai secara setempat-setempat di atas satuan breksi pada satuan bentangalam lereng bukit sesar. Pengamatan urutan batuan satuan ini di dua lokasi terpilih dijumpai berupa perselingan batuan berfraksi kasar, sedang dan halus, berukuran kerakal, kerikil dan pasir. Urutan ideal yang dapat diamati adalah diawali oleh lapisan konglomerat, dengan komponen batuan beku dan sedimen berukuran kerakal, kerikil dengan matriksnya berupa pasir kasar, diikuti oleh pasir kasar dengan komponen kerikil dengan sebaran secara tidak merata, kadang-kadang memperlihatkan struktur sedimen silang siur dan perlapisan sejajar yang diperkirakan perubahan fraksi kasar dan halus. Diatas fraksi pasir kasar, kembali dijumpai adanya lapisan konglomerat dengan komponen batuan

beku berukuran kerakal dan kerikil seperti dijumpai pada perlapisan sebelumnya. Kontak antara lapisan konglomerat ini dengan lapisan pasir kasar yang ada dibawahnya merupakan kontak adanya suatu ketidakselarasan pengendapan yang dicirikan oleh adanya bidang erosi. Selanjutnya di atas lapisan konglomerat ini dijumpai perselingan perlapisan batuan berfraksi sedang-halus terdiri dari pasir konglomeratan dan konglomerat pasiran dengan struktur sedimen berupa perlapisan silang siur dan perlapisan sejajar yang dicerminkan oleh adanya perubahan fraksi kasar, sedang dan halus atau terkonsentrasinya fraksi kasar, diikuti fraksi halus yang memperlihatkan orientasi tertentu imbrikasi komponen kasar dan sedang pada perlapisan tersebut. Secara keseluruhan pada fasies sungai endapan teras tua ini mempunyai ketebalan 0,5 meter. Di dalam urutan batuan tersebut dijumpai ada dua bidang ketidakselarasan yang dicerminkan oleh perlapisan konglomerat dengan fraksi lebih kasar dibandingkan perlapisan batuan yang ada di atas dan di bawahnya.

▪ *Satuan Teras Muda*

Satuan teras muda dijumpai di dalam lembah sungai pada pertemuan sungai Cimandiri dan sungai Citarik.. Endapan teras tua (pertama) satuan teras muda ini dijumpai dengan ciri diawali oleh perlapisan konglomerat berfraksi kasar hingga sedang, dengan komponen batuan beku dan sedimen berukuran kerakal hingga kerikil, bermatriks pasir kasar hingga halus. Perlapisan konglomerat ini ditutupi oleh lapisan pasir kerakalan diikuti oleh lapisan pasir kasar hingga sedang. Di dalam perlapisan ini dijumpai fragmen-fragmen batuan sedimen dan fosil. Di atas ketiga perlapisan ini dijumpai kembali lapisan konglomerat yang serupa dengan konglomerat dibawahnya, hanya konglomerat ini berkomponen lebih kecil dibandingkan konglomerat sebelumnya. Di atas konglomerat ini dijumpai lapisan pasir berbutir kasar hingga halus, memperlihatkan struktur sedimen perlapisan sejajar dan silang siur. Struktur sedimen tersebut dicirikan oleh adanya perubahan butiran kasar dan halus. Di atas lapisan pasir ini dijumpai lapisan kerakal hingga kerikil (7 cm) yang kemudian diikuti oleh lapisan pasir (25 cm) yang berbutir kasar hingga sedang memperlihatkan perlapisan sejajar. Variasi perlapisan serupa dijumpai di atas lapisan pasir diawali oleh lapisan kerikil yang diikuti oleh lapisan pasir kasar dan halus, memperlihatkan struktur sedimen perlapisan sejajar dan perlapisan silang siur. Secara keseluruhan, endapan ini memiliki ketebalan sekitar 2,5 m. Dalam urutan teras tertua ini, dijumpai ada dua bidang ketidakselarasan. Bidang ketidakselarasan pertama dijumpai dibawah bidang konglomerat kedua, sebagai pemisah antara teras pertama dan kedua, di atas lapisan pasir berbutir kasar hingga sedang, sedangkan bidang ketidakselarasan kedua dijumpai pada akhir pengendapan teras kedua dan pertama, kemudian terendapkan teras ketiga.

Teras kedua dijumpai menutupi secara tidak selaras endapan teras pertama (tertua). Secara keseluruhan, endapan teras kedua ini memiliki ketebalan 1,35 meter dengan ragam batuan terdiri dari lapisan konglomerat > 1 meter. Dalam lapisan konglomerat setebal 1 meter ini dijumpai adanya dua kali perubahan kumpulan komponen fraksi kasar hingga sedang.

Di atas lapisan konglomerat ini dijumpai lapisan kerikil setebal 20 cm, diikuti oleh lapisan pasir berbutir kasar hingga halus memperlihatkan struktur sedimen perlapisan sejajar. Perlapisan serupa diawali oleh lapisan kerikil dijumpai setelah lapisan pasir berbutir kasar seperti yang dijumpai pada perlapisan sebelumnya. Secara keseluruhan endapan ini bersifat lepas.

Endapan teras ketiga merupakan endapan teras termuda, dijumpai secara tidak selaras di atas endapan teras kedua. Endapan teras ini dijumpai pada ketinggian maksimum 50 cm di atas permukaan sungai sekarang, terdiri dari bongkah, kerakal dan kerikil yang tersebar tidak merata di atas endapan teras kedua di tempat-tempat tertentu. Endapan teras ini ditutupi oleh endapan pasir kasar hingga halus, terkadang ditutupi oleh lumpur. Sentuh antara endapan teras kedua dan ketiga ini ditandai oleh adanya bidang ketidakselarasan berupa bidang erosi.

▪ *Satuan Endapan Sungai*

Batuan yang termasuk dalam satuan endapan sungai ini adalah merupakan endapan sungai yang sekarang dapat dijumpai di sepanjang aliran sungai Citarik dan sungai Cimandiri di dalam cekungan ini. Secara keseluruhan endapan sungai ini dijumpai berupa bongkah hingga kerikil batuan beku dan sedimen pasir, lempung serta lumpur. Selain itu dalam endapan ini dapat juga ditemui fragmen cangkang fosil dan kayu. Ditinjau dari ciri fisiknya, endapan ini masih bersifat lepas dan tidak merupakan satu keterpaduan.

c. Struktur Geologi

Struktur geologi yang dapat dijumpai pada cekungan dan daerah sekitarnya berupa struktur perlapisan, kekar dan sesar.

Struktur perlapisan dapat dijumpai pada satuan breksi dan satuan batulempung serta satuan teras tua dan muda. Perlapisan satuan breksi memiliki kemiringan ke arah selatan, sedangkan pada satuan batulempung, perlapisan memiliki kemiringan ke arah utara. Sedangkan satuan teras tua dan muda memiliki perlapisan dengan kemiringan horisontal.

Struktur kekar dapat dijumpai pada satuan breksi dan satuan batulempung berupa kekar gerus dan kekar tarik. Kekar gerus dan tarik ini mempunyai tegasan utama berarah U 25° T (relatif utara-selatan/baratdaya-timurlaut). Sedangkan kekar gerus dan tension yang dijumpai pada satuan teras tua mempunyai tegasan maksimum berarah U 80° T (barat-timur).

Struktur sesar di cekungan pengendapan dan sekitarnya ini dapat dijumpai dan ditelusuri dari kelurusan topografi, foto udara berupa kelurusan bentangalam dan kelurusan sungai. Ciri lain yang dapat dijumpai langsung di lapangan yakni terkonsentrasinya lajur kekar tarik dan gerus serta cermin sesar. Berdasarkan ciri-ciri tersebut di atas, di daerah ini dapat dijumpai sesar-sesar berarah barat-timur, baratdaya-timurlaut serta baratlaut tenggara. Ketiga struktur sesar tersebut membentuk sebuah pola yang saling berhubungan satu dengan lainnya.

Struktur sesar berarah barat-timur merupakan struktur sesar utama di daerah ini. Berdasarkan beberapa ciri geologi yang bersifat mendasar berupa kelurusan bentangalam, sebaran batuan, jejak sesar berupa kekar dan cermin sesar, gerakan tanah dan rayapan dapat dijumpai tiga sesar yakni sesar utara, tengah dan selatan. Ketiga sesar tersebut merupakan sebuah lajur yang disebut

sebagai lajur Sesar Cimandiri wilayah Babakan. Berdasarkan analisa kinematika geraknya bahwa struktur sesar ini telah mengalami dua kali deformasi tektonik yakni deformasi tektonik Neogen (Miosen-Pliosen) dan deformasi neotektonik Plistosen-Holosen. Pada periode tektonik Neogen dengan gaya kompresi maksimum $U 25^{\circ} T$, Sesar Cimandiri ini berstatus sebagai sesar naik. Pada periode deformasi Neotektonik Plistosen-Holosen dengan gaya kompresi maksimum $U 78^{\circ} T$, Sesar Cimandiri yang semula berstatus sebagai sesar naik, berubah menjadi sesar geser mengiri dengan blok utara bergerak relatif ke arah barat, sedangkan blok selatan bergerak ke arah timur.

Struktur sesar berarah baratdaya-timurlaut dan baratlaut-tenggara merupakan cerminan pola struktur sesar tua yang ada pada batuan tua Paleogen. Batuan tua tersebut sebagai batuan dasar (*basement rocks*) yang melandasi batuan Neogen dan Kuarter cekungan ini. Pola kelurusan struktur tua ini dapat ditelusuri di daerah Babakan berupa kelurusan bentangalam, lembah sungai, serta jejak kinematika struktur sesar. Berdasarkan faktor tersebut di atas, dapat dinyatakan bahwa struktur sesar berarah baratdaya-timurlaut dan baratlaut-tenggara ini merupakan struktur tua (Paleogen) yang mengalami reaktifasi pada periode deformasi tektonik Neogen dan neotektonik Plistosen-Holosen. Berdasarkan orientasi gaya utama yang bekerja pada setiap jenjang tektonik, dapat ditelusuri mekanisme sesar yang terjadi pada setiap jenjang tektonik. Pada deformasi tektonik Paleogen, dengan gaya utama $U 298^{\circ} T$, struktur sesar berarah baratdaya-timurlaut berstatus sebagai sesar naik, sedangkan struktur sesar berarah baratlaut-tenggara akan bergerak sebagai sesar geser manganan. Struktur sesar tersebut di atas, pada periode deformasi tektonik Miosen-Pliosen (Neogen) dengan gaya utama berarah $U 25^{\circ} T$ mengalami pengaktifan kembali (reaktifasi). Sesar naik berarah baratdaya-timur berubah menjadi sesar geser manganan, sedangkan sesar berarah baratlaut-tenggara berubah menjadi sesar naik.

Secara keseluruhan, struktur sesar yang berkembang pada deformasi tektonik Paleogen dan Neogen tersebut di atas mengalami reaktifasi pada deformasi Neotektonik Plistosen-Holosen. Struktur-struktur sesar berarah baratlaut-tenggara dan baratdaya-timurlaut mengalami pensesaran oleh Sesar Cimandiri yang berarah barat-timur. Struktur sesar baratlaut-tenggara berkembang sebagai lajur geseran (*shear*) dengan ciri gerak sesar geser mengiri, sedangkan struktur sesar berarah baratdaya-timurlaut akan berkembang sebagai jalur tarikan (*tension*) dengan ciri gerak sesar normal.

d. Mekanisme Pengendapan Kuarter (HOLOSEN-RESEN)

Proses pengendapan Holosen-Resen di dalam cekungan Babakan dapat diamati dan diteliti serta ditelusuri dari ciri batuan. Perubahan ciri batuan dan sebaran secara vertikal dan lateral serta perubahan fasies pengendapannya di daerah ini dapat ditemui ada empat endapan teras.

Endapan teras pertama dan kedua dijumpai tersingkap pada tebing bagian selatan dan bagian tengah aliran sungai Cimandiri. Endapan ini dipotong oleh aliran sungai Cimandiri, yang sekarang merupakan lembah sungai kering. Ke arah baratlaut endapan ini, dijumpai endapan teras ketiga, yang terpotong oleh aliran sungai Cimandiri sekarang, sehingga endapan teras tersebut terpisah menjadi dua bagian yakni teras sungai yang tersebar di bagian utara tebing sungai Cimandiri dan teras sungai bagian tengah. Di atas teras sungai ketiga

yang tersingkap di bagian tengah aliran sungai Cimandiri sekarang dijumpai endapan teras ke empat.

Berdasarkan ciri batuan dan sebaran secara vertikal dan lateral pada penampang geologi yang dibuat memotong endapan teras dengan arah tenggara-baratlaut terlihat pengendapan teras dimulai dari arah tenggara cekungan diawali oleh terendapkannya endapan teras pertama (tertua) yang terdiri dari lapisan konglomerat (50 cm) diikuti oleh lapisan pasir (20 cm). Di atas lapisan pasir ini dijumpai kembali lapisan konglomerat serupa. Perubahan yang cepat dari fraksi halus ke fraksi kasar di lokasi ini mencerminkan adanya suatu perubahan energi yang ditandai oleh pengendapan sedimen berfraksi kasar (konglomerat). Perubahan energi ini disebabkan oleh adanya perubahan kemiringan dasar cekungan yang disebabkan oleh adanya gerak tektonik 1. Kesenambungan pengendapan yang berlangsung di atas lapisan konglomerat ke dua yang dicirikan oleh pengendapan perlapisan pasir berfraksi kasar dan halus dengan ciri struktur perlapisan sejajar dan silang siur, merupakan ciri dari fasies pengendapan sungai. Secara keseluruhan endapan konglomerat kedua dengan lapisan-lapisan sedimen di atasnya tersebut dinamakan sebagai endapan teras ke 2.

Ke arah barat laut, di atas endapan teras ke 2 ini dijumpai endapan teras ke 3 diawali oleh lapisan konglomerat (>120 cm) yang diikuti oleh perselingan perlapisan pasir kasar dan halus (21 cm). Perubahan kedudukan stratigrafi dari endapan teras ke 2 dan ke 3 ditandai oleh bidang ketidakselarasan erosi. Bidang ketidakselarasan antara endapan teras ke 2 dan ke 3 ini juga merupakan ciri adanya suatu gerak tektonik yang mengontrol batuan dasar cekungan yang disebut sebagai gerak tektonik ke 2.

Endapan teras ke 4 dijumpai secara tidak selaras di atas endapan teras ke 3, berupa kerakal, kerikil dengan sebaran tidak merata, kadang-kadang dijumpai endapan pasir halus dan lumpur. Proses pengendapan teras ke 4 ini masih berlangsung hingga saat ini. Bidang ketidakselarasan antara endapan teras ke 3 dan teras ke 4 ini merupakan pencerminan bahwa batuan dasar cekungan Babakan ini masih aktif bergerak hingga saat ini. Ciri gerak tektonik tersebut di atas dapat dilihat oleh adanya perpindahan lembah aliran sungai dan pertumbuhan endapan teras dari arah tenggara ke arah barat laut. Perpindahan lembah dan endapan ini mencerminkan adanya pergerakan dasar cekungan, dimana dasar cekungan bagian tenggara bergerak relatif naik dari dasar cekungan bagian barat laut.

KESIMPULAN

Sesar Cimandiri dapat dibagi menjadi segmen-segmen mulai dari Pelabuhan Ratu sampai Tangkuban Perahu. Segmen-segmen sesar Cimandiri tersebut adalah segmen sesar Cimandiri Pelabuhan Ratu-Citarik, Citarik-Cadasmalang, Ciceureum-Cirampo, Cirampo-Pangleseran dan Pangleseran-Cibeber dan segmen-segmen antara Cibeber-Padalarang dan antara Padalarang-Tangkuban Perahu.

Sesar Cimandiri dipotong oleh beberapa sesar lain yang cukup besar seperti sesar Citarik, sesar Cicareuh dan sesar Cicatih. Sesar Cicareuh, Cicatih dan Citarik melalui daerah yang cukup labil. Apabila terjadi gempa bumi pada lajur sesar ini akan merusak daerah yang labil tersebut. Dari hasil plotting beberapa gempa yang terjadi beberapa puluh tahun terakhir ini, ternyata titik pusat gempa berada pada

lajur sesar yang memotong sesar Cimandiri. Sementara dapat diambil kesimpulan bahwa sesar yang memotong sesar Cimandiri kemungkinan adalah sesar aktif. Pengendapan Holosen pada perpotongan sesar Cimandiri pada muara sungai Citarik dan ofset pada muara sungai Cicareuh menambah bukti keaktifan sesar pada daerah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, E.M. 1951. *The Dynamics of Faulting and Dike Formation with Applications in Britain*. Oliver and Boyd, Edinburgh (2nd ed.).
- Baumann P., Genevraye, P., Samuel, I, Mudjito, Sajekti dan Sri, 1973. Contribution to the geological knowledge of Southwest Jawa, Indonesian Petroleum Assoc, 2 nd Ann Conention, Jakarta, Proc, hal 105-108.
- Djedi, S. Widarto, dkk. 2000. Citra Tahan Jenis Struktur Kerak Jawa barat berdasarkan inventarisasi data magnetotelurik dengan smothnes regularizarion. Laporan Penelitian Penelitian Ilmu Pengetahuan dasar-Puslit Geoteknologi, LIPI. Halaman 7-25.
- Effendi, A.C, Kusnama dan Hermanto, B.1998. Peta Geologi Lembar Bogor, Jawa Barat.Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Departemen Pertambangan dan Energi, Bandung.
- E. Kertapati, dkk.1984. Penelitian Seismotektonik lembar Jampang-Bogor skala 1 : 100.000 sebagai latar belakang kegempaan Kabupaten Sukabumi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bidang Geologi Khusus, Urusan Seismotektonik, Bandung.
- Memed Masria, 1984. Naskah Kompilasi Peta Geologi Jawa Barat Skala 1:1.000.000, Bagian Proyek Pemetaan Geologi Tematik, Proyek Geologi Khusus, Puslitbang Geologi Bandung.
- Noeradi Dardji, dkk, 1991. Cenozoic Fault Systems and Paleostress along the Cimandiri Fault Zone, West Java Indonesia, Proceeding of the Silver Jubilee Symposium on the Dynamics of Subduction and Its Products, Research and Development Center for Geotechnology LIPI; Yogyakarta p 233-253.
- RAB. Sukanto, 1975. Peta Geologi lembar Jampang dan Balekambang, Jawa Skala 1 : 100.000, Direktorat Geologi, Departemen Pertambangan Indonesia, Bandung.
- Sudjatmiko, 1972. Peta Geologi Tjiandjur, Jawa Skala 1 : 100.000, Direktorat Geologi, Departemen Pertambangan Indonesia, Bandung.
- Suparka, 1980. Perkembangan Tektonik Daerah Jampang, Jawa Barat Berdasarkan Pengamatan Struktur Geologi, Teknologi Indonesia, jilid III No 1.