

SEDIMENTOLOGI DAN STRATIGRAFI ENDAPAN SUNGAI CITARUM DI WILAYAH PERALIHAN MORFOLOGI PEGUNUNGAN DAN DATARAN TINGGI BANDUNG ANTARA DESA CIKAWAO DAN DESA NAGRAK (KEC. PACET) DAN DESA SUKAMAJU (KEC. MAJALAYA), KAB. BANDUNG

H. Moechtar

Pusat Survei Geologi

Jl. Diponegoro 57, Bandung 40122. E-mail: hmoechtar@yahoo.com

S a r i

Endapan Sungai Citarum, yang terletak di dekat Desa Cikawao dan Desa Nagrak (Kecamatan Pacet) dan Desa Sukamaju (Kecamatan Majalaya), Kabupaten Bandung, terdiri atas endapan kerakal-bongkah, pasir-kerikil, pasir, dan lempung. Penelitian dilakukan dengan analisis sedimentologi dan stratigrafi terhadap lima penampang tegak bersekala 1:20, dan ketebalan sedimen antara 1,6 hingga 4,0 m. Berdasarkan korelasi, tubuh sedimen tersebut dapat dibedakan menjadi tiga Interval Perioda Pengendapan (IPP) A-C, dan sepuluh Sub-Interval Perioda Pengendapan (Sub-IPP) A.1-C.3. Perubahan sedimen secara lateral yang diwakili setiap Sub-IPP, ditafsirkan sebagai hasil proses internal seperti kondisi morfologi, energi, dan aliran. Perubahan sedimen secara vertikal yang membentuk sembilan tangga atau perulangan kerakal-boulder, merupakan hasil dari proses akibat berubahnya sistem aliran mengikuti perubahan iklim. Oleh karena itu dapat dipahami bahwa perioda energi dan aliran adalah berhubungan dengan berubahnya iklim.

Kata Kunci: Alur Sungai, morfologi, energi dan aliran, iklim

Abstract

Citarum River deposits, which located at near Cikawao and Nagrak villages (Sub-district of Pacet) and Sukamaju village (Sub-district of Majalaya), Bandung District, consist of cobbles to boulders, sands to pebbles, sands, and clays. The research was carried by analysed sedimentology and stratigraphy of five vertical profiles with 1:20 scales, and the thickness of sediments vary from 1.6 to 4.0 m. Base on correlation, the sediment bodies can be divided into three Interval of Deposition Periods (IPP A to C), and ten of Sub-Interval of Deposition Periods (Sub-IPP A.1 to C.3). The lateral changes of sediments represented by each Sub-IPP, interpreted as result of internal processes such as morphology, energy, and flow. Vertically, changes of sediments that form nine steps of cobble to boulder resulted from the change of flow systems following climate change. It is understood that, the period of energy and flows correlate with climatic changes.

Keywords: River channel, morphology, energy and flows, climate

Pendahuluan

Latar Belakang

Mekanisme diendapkannya material sepanjang alur sungai dapat melalui 2 (dua) cara yaitu diangkut atau dibawa (*transport*) melalui arus traksi akibat daya tarik (*traction currents*), dan endapan aliran gaya berat atau gravitasi (*gravity flow deposits*) (Miall, 1992). Arus traksi mengangkut kumpulan muatan butiran yang selanjutnya tersebar, dan setiap butiran masing-masing bergerak secara bersama sepanjang aliran. Fraksi butiran kasar bergerak dan berpindah sebagai aliran gaya berat secara bergeser atau meluncur (*sliding*), menggelinding (*rolling*) atau

melompat (*saltation*) sepanjang dasar sungai yang dikenal sebagai muatan dasar sungai (*bedload*) berukuran mulai dari bongkah hingga pasir, sedangkan butiran halus terkadang tertahan di sepanjang dasar sungai atau terbawa oleh aliran suspensi dari arus berputar (*turbulence*) dan disebut sebagai muatan suspensi (*suspended load*) yang mengendapkan fraksi lanau dan lempung.

Chin (2002) menyatakan bahwa irama atau perulangan material kasar layaknya anak tangga (*step*) dan genangan atau kolam (*pool*) pada morfologi alur sungai di wilayah aliran lereng pegunungan adalah merupakan komponen penting terjadinya pengendapan. Karakter dari anak tangga dan genangan yang menghasilkan pengendapan umumnya dicirikan oleh kemiringan lereng dasar

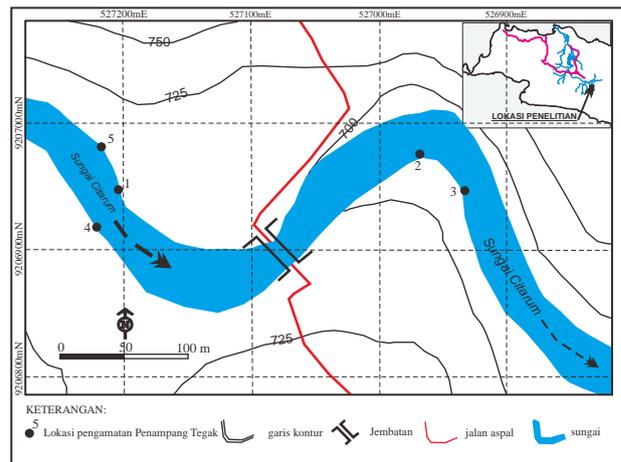
sungai lebih besar dari 2% atau antara 2-4°, dengan kisaran ukuran material antara kerakal hingga bongkah (Grant, dr., 1990, Montgomery dan Buffington, 1997), meskipun terkadang keberadaan material tersebut adalah umum atau dominan ditemukan di wilayah yang luas pada lingkungan berkemiringan tinggi (Chin, 1989).

Tujuan utama dari penelitian ini adalah melakukan pemahaman proses pengendapan sehubungan dengan mekanisme terbentuknya endapan S. Citarum yang terjadi di wilayah peralihan morfologi pegunungan dan dataran tinggi. Sedangkan maksud penelitian ini, diantaranya adalah: (a) mempelajari dan merekonstruksi susunan fasies endapan S. Citarum, sehingga karakter dan dinamika pengendapannya diketahui, (b) mempelajari rangkaian tubuh endapan alur sungai Citarum, sehingga faktor yang mempengaruhi pembentukannya dapat ditelusuri. Guna mencapai tujuan tersebut dilakukan: (a) deskripsi dan interpretasi susunan fasies pengendapan secara vertikal, (b) mengkorelasikan perubahan susunan fasies dan membedakannya ke dalam beberapa interval pengendapan, dan (c) membahas dan mengkaji hubungan rangkaian interval pengendapan secara lateral dan vertikal.

Metode

Penelitian dilakukan melalui pengamatan rinci pada singkapan fraksi kasar sistem *fluvial* di tebing S. Citarum dengan melakukan pengukuran penampang tegak sedimentologi berskala 1:20 dengan ketebalan lapisan antara 1,6 hingga 4,0 m sebanyak 5 (lima) lokasi pengamatan (Gambar 1). Di lapangan, rangkaian material kasar hasil pengendapan S. Citarum berukuran pasir hingga bongkah dipelajari secara seksama terutama perkembangan pembentukannya baik secara lateral ataupun vertikal.

Pemisahan butir dilakukan secara rinci, dan selanjutnya dikelompokkan menjadi selang pengendapan: (a) kerakal - bongkah berukuran 6,4-80 cm terdiri kerakal (*cobble*) berukuran 6,4-25,6 cm dan bongkah (*boulder*) berukuran > 25,6 mm, (b) pasir - kerikil terdiri pasir; granul (*granule*) berukuran 0,2-0,4 cm dan kerikil (*pebble*) berukuran 0,4-6,4 cm, (c) pasir, dan (d) lempung. Selanjutnya, data tersebut dikorelasi dan dirangkaikan menjadi susunan interval yang satu sama lainnya memiliki karakter tersendiri. Dari rangkaian bangunan tubuh sedimen tersebut, selanjutnya faktor kontrol pembentukannya dapat ditelusuri.

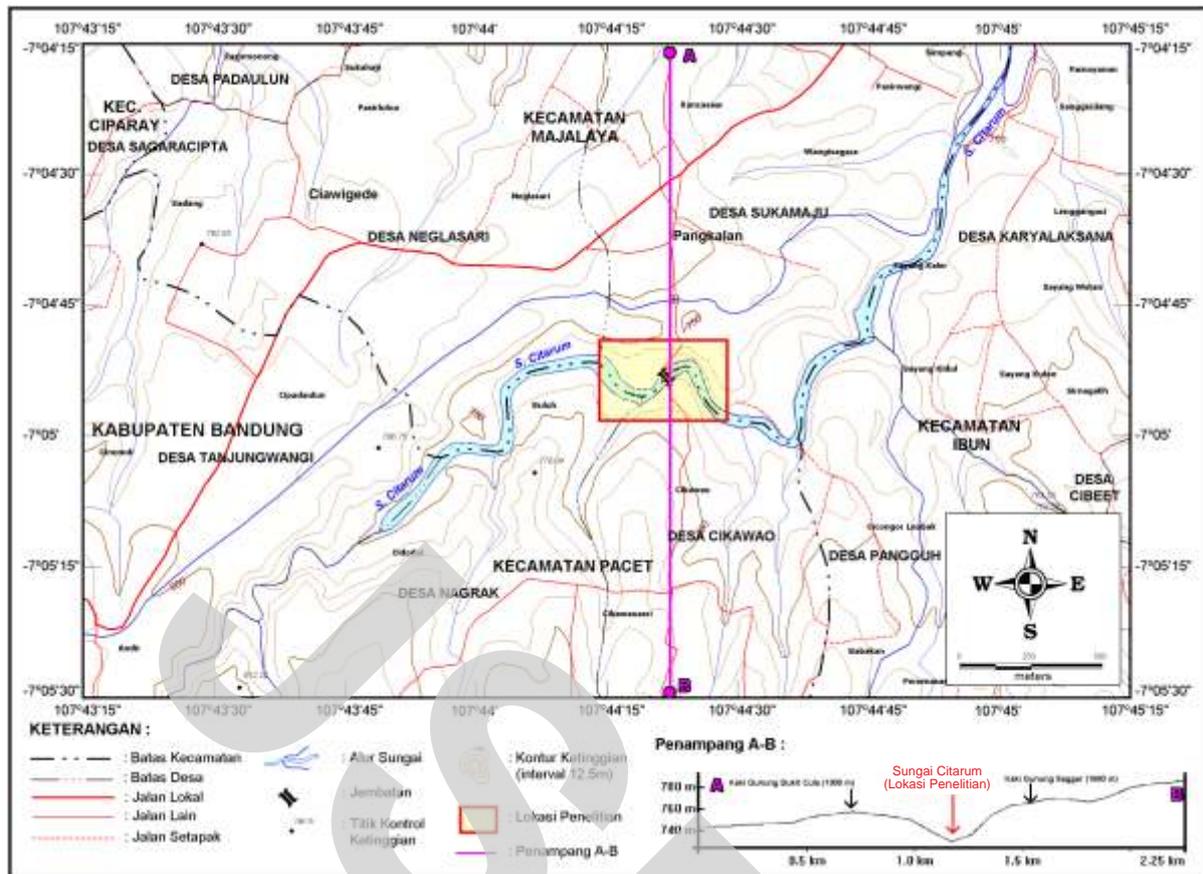


Gambar 1. Peta lokasi pengamatan Penampang Tegak pada sungai Citarum.

Fisiografi dan Geologi

S. Citarum, tempat lokasi penelitian dilakukan, terletak di perbatasan antara Desa Cikawao dan Desa Nagrak (Kec. Pacet) dan Desa Sukamaju (Kec. Majalaya), Kabupaten Bandung (Gambar 2). Daerah ini terletak pada jalan kabupaten memotong S. Citarum yang menghubungkan Majalaya dan Kertasari.

Morfologi tempat pengamatan adalah merupakan morfologi peralihan antara kaki G. Malabar (2321 m) dengan Dataran Tinggi Bandung dan terletak pada ketinggian antara + 744 m hingga + 751 m dari permukaan laut (dpl), dan dicirikan oleh perbukitan rendah bergelombang serta sebagian dataran banjir yang tidak begitu luas dan ditutupi oleh lahar. Secara umum, lokasi penelitian ini merupakan dataran yang ditutupi oleh material piroklastik, dan dipotong oleh aliran sungai Citarum yang mengendapkan aluvium. Wilayah ini dimanfaatkan untuk pesawahan dan pemukiman. Di daerah inilah tempat diendapkannya material kasar S. Citarum mulai dari pasir hingga berukuran bongkah yang hulu sungainya berasal dari G. Malabar. Stadium erosi sungai memperlihatkan kedewasaannya, terbukti bentuk alur sungainya yang berkelok dengan erosi lateral yang lebih dominan yang menoreh batuan dasarnya. Kemiringan dasar sungai relatif kecil antara 2° hingga 5°, dan kedalaman air mencapai 1,2 meter di saat musim penghujan sedangkan di musim kemarau hampir-hampir tidak mengalir.



Gambar 2. Peta morfologi dan lokasi penelitian.

Batuan yang mengalasi sedimen S. Citarum adalah material lahar yang berasal dari aktifitas gunungapi (Gambar 3). Alzwar dr. (1992) menyebut material lahar tersebut sebagai batuan Gunungapi Malabar-Tilu (Qmt) berumur Plistosen Atas terdiri dari tuf, breksi lahar mengandung sedikit batupung dan lava. Batuan gunungapi ini menutupi batuan Gunungapi Guntur-Pangkalan dan Kendang (Qko, Qgpk) berumur Plistosen Tengah. Menurut Alzwar dr. (1992), satuan batuan gunungapi tersebut terdiri dari rempah lepas dan lava bersusunan andesit-basalan, bersumber dari kompleks gunungapi tua G. Guntur-G. Pangkalan dan G. Kendang (Qgpk) dan G. Kiamis (Qko).

Beberapa sesar geser jurus diperkirakan berarah timurlaut-baratdaya memotong alur Citarum sekitar daerah penelitian melalui Kp. Pamoyanan dan Nagrak (Alzwar, dr., 1992).

Fasies Alur Sungai (FAS)

Litologi yang menyusun material alur Citarum yang diamati terdiri dari kerakal - bongkah, pasir - kerikil,

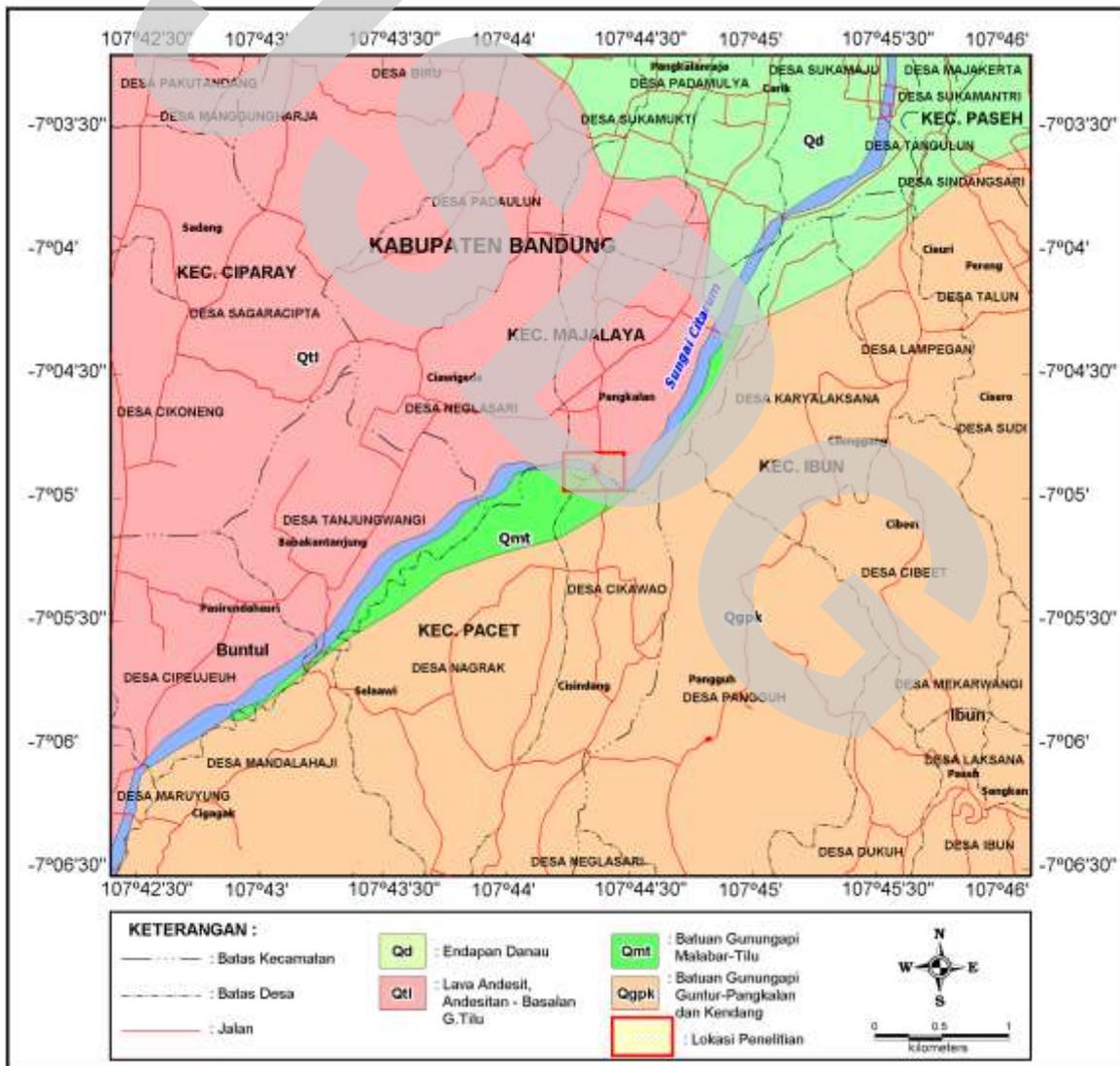
pasir, dan lempung adalah termasuk Fasies alur sungai (Fas) (Gambar 4). Secara detil sedimen Citarum tersebut berikut kajiannya, dapat diuraikan sebagai berikut:

Kerakal - Bongkah

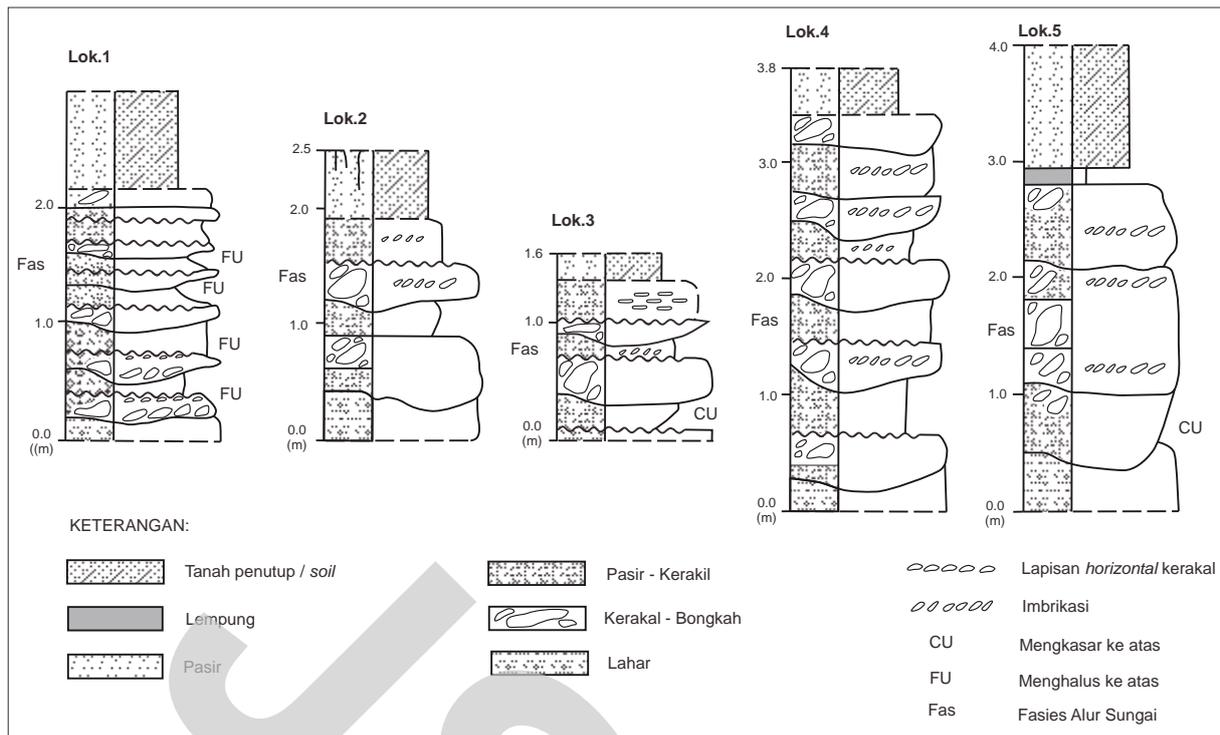
Terdiri dari kerakal-bongkah dengan masa dasar atau matrik pasir berukuran medium hingga kasar berwarna coklat kelabu. Kerakal terdiri dari pecahan batuan andesit-basal dan kadang-kadang kuarsit berukuran antara 6,4-80 cm, masif dan komponen memperlihatkan perlapisan, membulat tanggung-menyudut tanggung, imbrikasi searah sumbu pendek dengan arah arus searah S. Citarum. Perlapisan horizontal atau mendatar kerakal dengan tebal antara 0,2 hingga 1,1 m, susunan komponen ke arah tegak teratur yaitu mengkasar (*inverse grading* (lokasi 2 dan 4, gambar 4)) dan menghalus (*normal grading* (lokasi 1 dan 3, gambar 4)) sebaliknya ukuran fraksi pasir adalah mengkasar ke arah atas (*coarsening upwards*) dan menghalus ke arah atas (*finning upwards*). Endapan ini ditafsirkan sebagai fasies alur sungai (Fas). Didasari terminologi Miall (1978),

untuk material *fluvial* yang berukuran kasar seperti kerakal dan dicirikan oleh perlapisan horizontal serta berimbrikasi jelas adalah termasuk fasies *fluvial Gm* yaitu tubuh endapan yang memanjang membentuk pulau atau nusa (*longitudinal bars*) atau sebagai material yang bergerak lambat dan tertinggal (*lag deposits*). Endapan demikian umumnya telah mengalami pencucian (*sieve deposits*). Tipe atau selang fraksi kasar S. Citarum ini terindikasikan sebagai endapan sungai yang memanjang, dan diendapkan di sepanjang dasar sungai melalui pencucian yang bergerak lambat dan memiliki sebaran tertentu secara berulang. Umumnya konsentrasi material kasar di sungai akan diendapkan memanjang secara berulang, hasil produksi muatan dasar (Lindsey dan Gaylord, 1990).

Selang (interval) atau lapisan pengendapan kerakal - bongkah dengan massa dasar pasir yang berlangsung secara berulang, patut dicurigai bahwa proses pengendapan tersebut terkait dengan beralihnya kombinasi atau susunan antara jumlah pasokan material dan volume air atau genangan. Di beberapa tempat selang kerakal - bongkah saling mengerosi, terbukti selang pengendapan tersebut memiliki permukaan erosi di bagian bawahnya. Tidak dijumpai kandungan sisa-sisa tumbuhan ataupun potongan kayu dalam selang pengendapan tersebut. Selain itu, selang kerakal - bongkah ke arah tegak memperlihatkan suatu keteraturan ukuran material, yaitu kecil di penampang bawah dan semakin membesar ke arah tengah sebelum akhirnya kembali mengecil ke arah atas (Gambar 4).



Gambar 3. Peta geologi daerah penelitian dan sekitarnya (Alzwar dr., 1992).



Gambar 4. Penampang Tegak Endapan Sungai Citarum di tiap lokasi Pengamatan.

Pasir - Kerakil

Selang fasies ini berwarna coklat kelabu, kelabu kekuningan, abu-abu kehitaman; berukuran mulai dari kerakal-kerakil hingga pasir halus setebal 0,2-0,5 m; membundar hingga menyudut tanggung, terdiri dari pecahan batuan gunungapi; kuarsit, kuarsa dan felspar. Butiran menghalus ke arah atas dan terkadang mengasar tanpa kandungan sisa-sisa tumbuhan dan potongan kayu ataupun kandungan organik lainnya, masif tanpa memperlihatkan struktur sedimen di dalamnya. Pada beberapa tempat pasir ini bersifat padat dan sering dijumpai material gunungapi berupa pecahan batuan beku, dan memperlihatkan imbrikasi dan pelapisan horizontal pada kerakil. Selang pasir - kerakil ini dapat diklasifikasikan sebagai muatan dasar sungai hasil arus traksi bagian bawah, sehingga tidak membentuk struktur sedimen.

Pasir

Terdiri dari selang pasir berukuran medium hingga sangat halus setebal 0,4-1,2 m, berwarna abu-abu kehitaman, membundar hingga menyudut tanggung, terdiri dari kuarsa, felspar dan pecahan batuan gunungapi yang umumnya masif. Selang fasies ini tidak mengandung unsur organik seperti sisa-sisa tumbuhan ataupun potongan kayu, akan tetapi

sering dijumpai pecahan batuan beku yang berasal dari material gunungapi. Warna lapisan adalah homogen dan tidak dipengaruhi oleh proses pelapukan, sehingga proses pencucian lebih dominan. Ditafsirkan sebagai endapan alur sungai (Fas) yang berasal dari muatan dasar sungai hasil arus traksi bagian bawah, dan meski fasies ini masif akan tetapi pada beberapa tempat butirnya menghalus ke arah atas. Gejala ini menandakan bahwa pemisahan butirnya relatif kurang sempurna dibanding selang pasir - kerakil, sehingga faktor energi aliran menjadi berperan penting pada proses pengendapannya.

Selang endapan pasir tersebut di atas, telah mengalami proses pelapukan dan mengandung oksida besi dan silika serta ditutupi akar tanaman. Dinterpretasikan sebagai selang atau interval akhir S. Citarum yang tersingkap pada tebing S. Citarum, dan selanjutnya diikuti oleh proses pembentukan soil.

Lempung

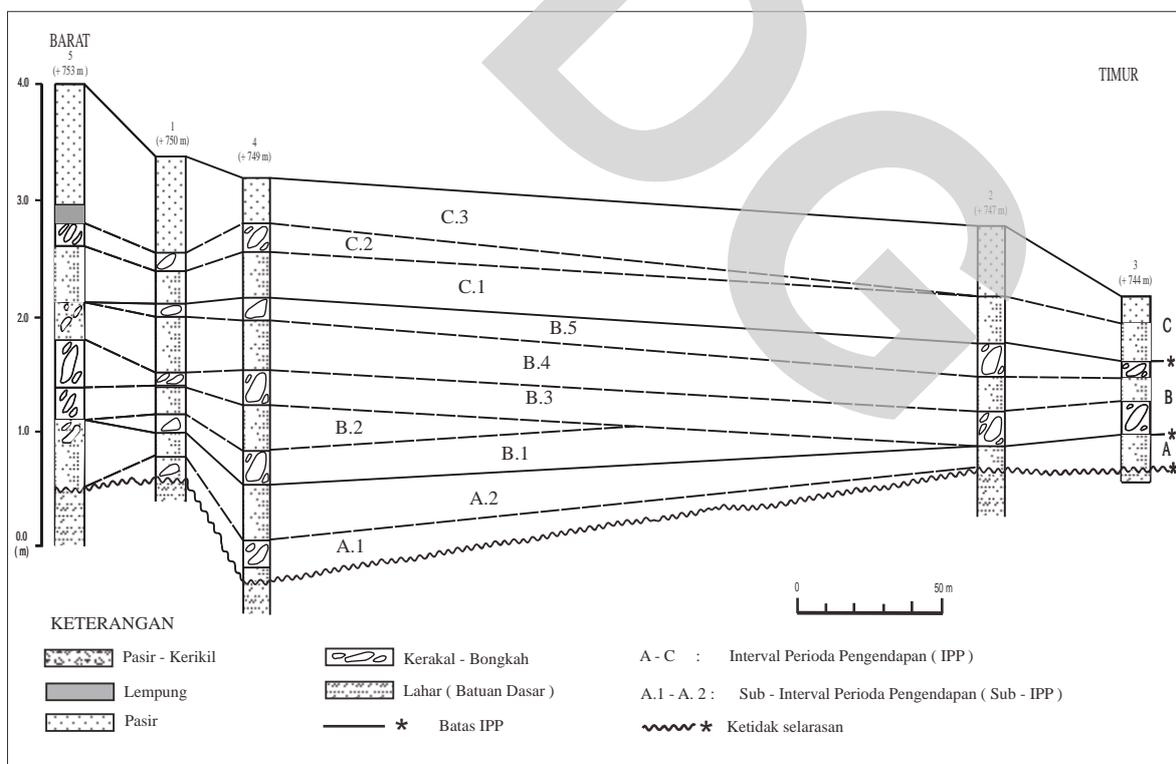
Selang fasies lempung sangat langka dijumpai baik berupa sisipan ataupun lapisan yang menerus. Pada lokasi 5 (Gambar 1 dan 3) dijumpai lensa lempung setebal 40 cm dan memiliki batas tegas dengan selang bongkah di bagian bawah dan pasir di bagian

atasnya. Lempung, berwarna putih kecoklatan berlapis buruk kadang-kadang berlaminasi tipis bersih tanpa kandungan bahan organik. Fasies ini diinterpretasikan sebagai material lempung yang tidak termasuk endapan dataran banjir akan tetapi cenderung sebagai hasil proses dimana alur sungai yang membawa muatan suspensi, dan oleh karena itu dapat dijadikan sebagai penciri bahwa volume air ketika itu pernah tinggi. Material lempung tersebut terperangkap dan mengisi material kasar hasil kerja arus berputar, sedangkan sebagian besar material halus tersebut terangkut ke arah hilir.

Stratigrafi dan Kronologi

Berdasarkan komposisi dan perulangan proses pembentukan selang pengendapan lapisan kerakal – bongkah, pasir – kerikil dan pasir, sedimen tersebut dapat dibedakan berdasarkan Interval Periode Pengendapan (IPP) A-C yang kemudian dirinci lagi menjadi Sub-Interval Periode Pengendapan (Sub-IPP) A.1-A.2, B.1-B.5, dan C.1-C.3. Stratigrafi dan kronologis pengendapannya dapat dijelaskan sebagai berikut (Gambar 5, 6 dan 7):

- IPP A, dibedakan menjadi Sub-IPP A.1 dan A2. Sub-IPP A.1 dicirikan oleh pasir berukuran halus hingga kasar dan kerikil, berwarna coklat abu-abu hingga abu-abu kehitaman. Ke arah atasnya ditutupi oleh kerakal berdiameter hingga 20 cm, dan di beberapa tempat ukuran material tersebut mengecil ke arah atas (Lok. 1/ Gambar 4). Sub-IPP A.2 terdiri atas pasir berukuran medium hingga sangat kasar dan kerikil yang ke arah atasnya ditutupi oleh kerakal - bongkah berukuran hingga 30 cm (Lok. 5/ Gambar 4). Pasir berwarna coklat keabuan umumnya menghalus ke arah atas (Lok. 3 dan 5/ Gambar 4).
- IPP B, merupakan perulangan selang pengendapan yang dicirikan oleh ukuran kerakal - bongkah yang membesar ke arah tengah dan kembali mengecil ke arah atas, dan dibedakan menjadi Sub-IPP B.1-B.5. Sub-IPP B.1 ditandai oleh permukaan erosi di bagian bawahnya (Lok. 1 dan 4/ Gambar 4), terdiri dari kerakal - bongkah berukuran antara 7-40 cm, ukuran membesar ke arah atas, imbrikasi dan masif dengan massa dasar pasir kasar hingga sangat kasar, dan berwarna coklat hingga kelabu. Sub-IPP B.1



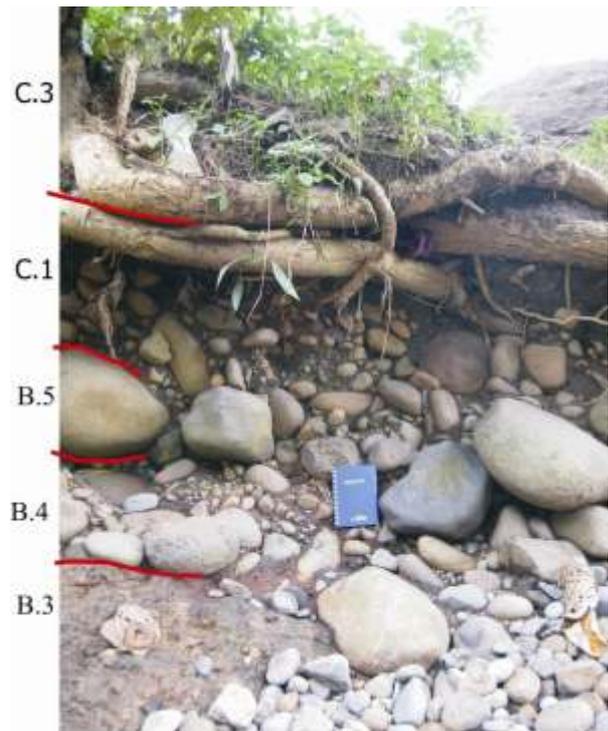
Gambar 5. Korelasi Fraksi Butir Kasar Endapan Sungai Citarum di daerah Penelitian.

dierosi oleh Sub-IPP B.2 terdiri dari pasir sangat kasar hingga kerikil (Lok. 1 dan 4/ Gambar 4), berwarna lebih terang yaitu kuning hingga kelabu, dan ukuran kerakal -bongkah mencapai 60 cm serta berimbrikasi. Selanjutnya, Sub-IPP B.2 dierosi oleh selang pengendapan Sub-IPP B.3 terdiri dari kerakal - bongkah berukuran hingga 80 cm yang tersebar luas dengan massa dasar pasir kasar hingga sangat kasar berwarna coklat keabu-abuan dan ditandai oleh oksida besi berwarna kemerahan. Sub-IPP B.3 tersebut ditutupi oleh pasir sangat kasar dan kerikil berwarna coklat kelabu, umumnya masif, berimbrikasi dan terkadang butiran menghalus ke arah atas. Pada Lokasi 5 (Gambar 4), selang Sub-IPP B.4 ini berukuran kerakal - bongkah antara 6-50 cm dan berimbrikasi. Bagian atas dari IPP B, diendapkan selang Sub-IPP B.5 terdiri dari selang kerakal - bongkah berukuran 5-40 cm dan berimbrikasi.

- PP C, bagian bawahnya ditempati oleh pasir kasar hingga sangat kasar kerikil (Sub-IPP C.1). Berwarna abu-abu kecoklatan, masif terkadang menghalus ke arah atas, berimbrikasi, tersebar merata dan memperlihatkan permukaan erosi pada bagian bawah selang pengendapannya, dan terkadang memperlihatkan lapisan horizontal kerikil. Selanjutnya fasies ini dierosi oleh Sub-IPP C.2 yang tersebar tidak merata (Lok. 1,4, dan 5/ Gambar 4), selang kerakal berukuran antara 6 hingga 15 cm dan masif. Akhirnya bagian atas sedimen yang diteliti di S. Citarum ini terdiri dari pasir berukuran medium hingga sangat halus yang telah mengalami proses pelapukan (Sub-IPP C.3).

Dari runtunan stratigrafi tersebut di atas, sejumlah interval pengendapan di daerah penelitian, secara umum memiliki karakter pembentukan, sebagai berikut:

- Pasokan material yang berasal dari proses arus traksi adalah relatif dominan, yaitu dengan terbentuknya fasies alur sungai berukuran kasar mulai dari pasir hingga bongkah. Proses ini mencirikan bahwa pengendapan yang terjadi adalah diakibatkan oleh gerak-gerak mengelinding, bergeser ataupun melompat dari muatan dasar sungai tanpa diikuti oleh efek atau pengaruh muatan suspensi. Proses ini membuktikan bahwa volume air ketika itu relatif tidak besar, yang berakibat arus berputar atau



Gambar 6. Interval periode pengendapan di sekitar lokasi pengamatan 2.



Gambar 7. Interval periode pengendapan di sekitar lokasi pengamatan 4.

turbulence tidak terbentuk, dimana umumnya arus tersebut meninggalkan jejak struktur sedimen yang khas dalam model fasies *fluvial*. Namun demikian, energi aliran relatif tinggi ketika itu meski volume air tidak begitu besar terbukti material yang diendapkan sebagian besar berasal dari daya angkut muatan dasar sungai (*bedload transport*). Ramos dan Sopena (1983) serta Finzel dan McCarthy (2005) menyebutkan bahwa energi aliran adalah relatif tinggi apabila diendapkannya konglomerat sebagai hasil dari transportasi muatan dasar

sungai.

- Secara umum, komposisi dan produk material baik pasir ataupun bongkah yang mengasar atau membesar ke bagian tengah hingga menghalus atau mengecil ke arah atas, adalah sebagai model sedimen IPP A-C. Gejala tersebut mengandung arti bahwa, bentuk susunan material tersebut memiliki keterkaitan antara proses pengendapan dengan jumlah volume air ketika itu. Proses ini cenderung berhubungan terhadap jumlah pasokan material dan energi aliran. Semakin tinggi volume air maka semakin besar energi yang bekerja, dan sebagai akibatnya pasokan material menjadi semakin besar pula. Oleh karena itu, material yang lebih halus seperti lanau dan lempung sebagai bagian muatan suspensi, semakin memungkinkan untuk diendapkan. Indikasi tersebut tidak ditemukan dalam sedimen Citarum di daerah penelitian. Sebaliknya, apabila volume air menurun akan diikuti oleh mengecilnya energi aliran dan demikian pula halnya pasokan material akan semakin kecil, sehingga material kasar lebih dominan diendapkan yang berasal dari hasil kerja arus traksi seperti halnya sedimen S. Citarum. Dengan demikian, volume air di daerah penelitian tidak pernah besar dan peristiwa tersebut terkait dengan tingginya permukaan air S. Citarum. Ini berarti bahwa, kerja arus traksi sangat dominan untuk mengendapkan material kasar tersebut.
- Perulangan selang pengendapan pasir-kerikil dan kerakal-bongkah dalam setiap Sub-IPP, cenderung mengikuti perioda pendek dari berubahnya energi aliran akibat menyusut dan berkurang atau bertambahnya volume air di bawah pengaruh kondisi morfologi dasar sungai.

Faktor Kontrol Pembentukan Sedimen

Mekanisme Pengendapan

Hasil pengamatan sepanjang S. Citarum mulai dari Majalaya hingga Kertasari, menunjukkan bahwa akumulasi pengendapan yang baik tersingkap di daerah penelitian meski di beberapa tempat tidaklah luas dengan ketebalan kurang dari 1 m. Ini memberi keyakinan bahwa material tersebut berasal dari tempat jauh dan bukan semata-mata berasal dari hulu S. Citarum yang selanjutnya diendapkan pada peralihan morfologi pegunungan dan Dataran Tinggi Bandung. Selain itu, anak-anak sungai yang berasal

dari bagian timur S. Citarum yaitu kompleks G. Cakra (1807 m), G. Sanggar (1880 m), G. Guha (2391 m) dan sebagainya tersebar luas dan selanjutnya bermuara ke S. Citarum. Morfologi pegunungan ini ditempati oleh material rempah lepas dan lava bersusunan andesit-basal (Qgpk) dan mudah tererosi, terbukti susunan batuan tersebut merupakan bagian dari komposisi material yang dijumpai di S. Citarum. Oleh karena itu, bukan saja hasil kerja arus traksi yang berlangsung sepanjang S. Citarum, namun aliran gaya berat kelihatannya turut memberi kontribusi terkait dengan pasokan material. Endapan aliran rombakan (*debris flows*) yang terbentuk sebagai longoran yang terombakan yang bercampur dengan cairan pekat bergerak secara menerus di tebing yang curam, dan mengikat serta menyatu di sepanjang aliran sungai hingga beberapa kilometer (Benda, 1990). Proses tersebut kemungkinan sebagai salah satu pemicu terjadinya pengendapan pada anak-anak S. Citarum yang ditutupi oleh rempah-rempah gunungapi. Material tersebut selanjutnya masuk dan bercampur baur dengan material sepanjang aliran Citarum. Nakamura dan Swanson (1993) dan Furbish (1998) menyatakan bahwa, alur sungai di daerah pegunungan umumnya bersebelahan dan saling berdekatan hingga akhirnya cenderung memiliki kemampuan untuk mengerosi batuan dasar, terjadilah longoran. Oleh karena itu, faktor erosi batuan dasar dan gejala longoran adalah merupakan bagian dari sumber pasokan material sepanjang S. Citarum.

Rangkaian proses pengendapan material kerakal-bongkah di daerah penelitian berlangsung secara berulang mirip anak tangga (Gambar 5), dan terbentuk di peralihan morfologi pegunungan dan dataran tinggi. Secara umum zonasi proses sistem *fluvial* dapat dibedakan menjadi zona produksi (erosi) dan daya angkut yang prosesnya berlangsung di kawasan pegunungan hingga dataran, dan zona pengendapan antara dataran rendah hingga pantai. Material kasar S. Citarum dalam penelitian ini, dapat disebut sebagai zona transisi antara zona daya angkut dan zona pengendapan. Dengan demikian, zona pengendapan S. Citarum terletak di dataran tinggi Bandung, merupakan tempat berkembangnya fasies beting sungai (*point bar*) dan pelimpahan alur sungai (*floodplain*). Kondolf (1997) mengemukakan bahwa zona daya angkut yang terletak antara zona produksi dan pengendapan dapat berfungsi selaku alat pembawa material di sepanjang aliran sungai,

dan di lokasi tersebut energi aliran akan hilang ketika membawa muatan memasuki kelokan atau beting sungai yang pada akhirnya mengendapkan material kerakal dan bongkah. Sebaliknya, pada beting sungai akan diendapkan material pasir yang lebih halus. Kondisi demikian tidaklah jauh berbeda terhadap proses sistem pengendapan S. Citarum yang terjadi di cekungan Bandung.

Chin (2002) mengemukakan bahwa, kerakal dan bongkah yang terbentuk mirip anak tangga dan silih berganti serta berulang diendapkan dengan sedimen halus di daerah genangan, dan selanjutnya membentuk menyerupai tangga yang memanjang di dasar alur sungai. Ia juga menyatakan bahwa studi tersebut sudah terlupakan dalam studi geomorfologi *fluvial*, karena akhir-akhir ini penelitian lebih difokuskan di wilayah genangan yang luas pada lereng sungai yang lebih rendah. Bentuk anak tangga yang dimaksud, dapat dikorelasikan dengan IPP A-C S. Citarum yang memiliki karakter perulangan dari selang pengendapan kerakal – bongkah.

Tingkat pencapaian dan penyesuaian proses pengendapan material kerakal-bongkah di dasar aliran bermorfologi pegunungan sulit terjadi (Grant, dr., 1990; Chin, 1988), karena di tempat tersebut daya angkut sedimen bersifat episodik akibat terbatasnya pasokan material (Schmidt dan Ergenzier, 1992; Whittaker, 1987). Ini berarti bahwa, proses tersebut tidaklah bersifat perioda atau berulang yang kejadiannya secara teratur. Meskipun ada kemungkinan pengaruh luar, temuan yang sifatnya perioda dan mendasar serta menghasilkan pengendapan mirip anak tangga di wilayah genangan dapat dipahami. Sebaliknya endapan bertangga hubungannya dengan genangan dapat diartikan sebagai bentuk atau alas alur sungai yang mewakili sebuah kesamaan penyesuaian antara aliran dan morfologi alur sungai.

Chin (2002) berdalih bahwa, dari pandangan analitis membuktikan suatu karakter yang jelas dari pembentukan tangga genangan secara perioda atau berkala di aliran dasar sungai memiliki ketebalan antara 0,43-2,40 m. Selain itu disebutkan pula bahwa perioda tangga dan genangan tersebut meski seringkali terlihat jelas, kemungkinan pengaruh faktor luar seperti tumbuhan dan bongkah masih ada. Lebih jauh, Chin (2002) menyebutkan pula

bahwa perkembangan sikuen atau urut-urutan tangga dan genangan setiap perioda terlihat jelas dan dominan yang diakibatkan oleh pengaruh faktor luar atau eksternal dan cenderung disebut sebagai puncak dari perulangan kejadian yang berbeda dalam jarak tangga genangan. Penyesuaian secara bersama dalam setiap perioda adalah hubungan antara aliran, morfologi alur sungai, dan hilangnya energi. Ketiga faktor yang dimaksud merupakan parameter yang digunakan untuk pengkajian suatu proses pengendapan yang dapat terjadi secara perioda.

Kendali Proses Pengendapan

Tubuh sedimen Citarum yang seolah-olah memperlihatkan bentuk anak tangga, secara umum dicirikan oleh Interval Periode Pengendapannya, yaitu (Gambar 5):

- Diawali oleh perulangan terbentuknya Sub-IPP A.1 dan A.2. Gejala yang terjadi adalah mengasarnya baik ukuran butir ataupun bongkah secara vertikal, sedangkan sebaran lateral menunjukkan perkembangan fasies pengendapan tersebut cenderung membentuk 2 (dua) anak tangga yang memanjang.
- Perulangan dan bervariasinya baik ukuran butir ataupun kerakal-bongkah secara vertikal yang menyusun IPP B, dicirikan oleh mengasarnya ukuran butir dan membesarnya dimensi ukuran kerakal-bongkah ke arah tengah yaitu Sub-IPP B.3 dan kembali menghalus atau mengecilnya kerakal-bongkah ke arah atas (Sub-IPP B.5). Secara lateral, pengendapan IPP B tersebut membentuk 5 (lima) anak tangga.
- Ukuran kerakal-bongkah yang mengecil pada bagian tengah IPP C, dan menghalusnya ukuran butir ke arah atas (Sub-IPP C.3) merupakan karakter susunan interval secara vertikal. Susunan IPP A-C adalah merupakan suatu rangkaian proses pengendapan yang dibentuk oleh aktifitas S. Citarum, dan setelah Sub-IPP C.3 dihasilkan maka tidak pernah terjadi lagi pengendapan di tempat tersebut, terbukti dengan berlangsungnya proses pembentukan soil pada Sub-IPP C.3 tersebut. Ini berarti bahwa genangan menyusut, dan volume air semakin berkurang.

Karakter dari pola rangkaian fasies pengendapan di atas, membawa ke suatu pemikiran bahwa aspek morfologi alur sungai dan aliran hingga hilangnya energi adalah merupakan faktor utama terbentuknya sedimen di sepanjang alur sungai. Perlmutter dan Mathhews (1989), menyebut bahwa sirkulasi iklim mengikuti siklus Milankovitch dapat dipantau dalam proses sedimentasi khususnya pada sistem *fluvial*.

Sirkulasi iklim tersebut berpengaruh besar terhadap menyusut dan meluasnya lingkungan *fluvial*, bertambah dan berkurangnya volume air terkait terhadap intensitas energi aliran yang mengakibatkan bervariasinya material yang diendapkan, serta warna sedimennya.

Secara lateral, faktor kendali proses sedimentasi yang membentuk IPP A-C adalah bukan hanya morfologi dan terhentinya energi di tempat tersebut tetapi juga dipengaruhi oleh sistem aliran. Untuk itu, proses hasil kerja sistem *fluvial* lebih dominan terjadi (proses internal) seperti kombinasi kerja energi dan morfologi. Sebaliknya, faktor eksternal yaitu berubahnya iklim adalah penyebab terbentuknya rangkaian stratigrafi secara vertikal yang terkait dengan aliran. Energi aliran akan semakin tinggi apabila volume air bertambah besar, dan jumlah dari volume air tersebut berhubungan dengan tingkat kelembaban mengikuti sirkulasi iklim. Oleh karena itu, berawal dari terbentuknya Sub-IPP A.1 menuju Sub-IPP B.3 kondisi iklim cenderung menuju minimum yaitu mengarah ke kering. Sebaliknya mulai dari Sub-IPP B.3 menuju Sub-IPP C.3 ditandai oleh kondisi menuju ke optimum atau basah. Apabila rangkaian interval proses pengendapan tersebut mengikuti siklus Milankovitch, maka dapat diartikan bahwa temperatur ketika itu di bawah kendali pendinginan yang menghasilkan proses pengendapan Sub-IPP A.1 ke Sub-IPP B.3 dan diikuti oleh proses pengendapan di bawah kendali temperatur menjadi panas di kala menuju ke Sub-IPP C.3. Kelihatannya setelah diendapkannya Sub-IPP C.3 kondisi temperatur kembali menuju dingin hingga sekarang.

Kesimpulan

- Tatanan engendapan material kasar S. Citarum pada morfologi transisi antara pegunungan dan Dataran Tinggi Bandung, menghasilkan perulangan selang kerakal-bongkah setidaknya sebanyak 9 (sembilan) tangga. Sumber material tersebut di samping dihasilkan oleh arus traksi S. Citarum juga sebagian berasal dari aliran gaya berat pada kompleks gunungapi berupa rempah di bagian timur S. Citarum yang masuk ke anak-anak sungai sekitarnya.
- Secara vertikal sejarah pembentukan interval periode pengendapan adalah berasal dari efek proses eksternal yaitu berkaitan dengan berubahnya iklim, namun tidak dijumpai material hasil peluapan alur sungai yang berasal dari muatan suspensi ke arah dataran banjir. Oleh karna itu, diduga volume air ditempat tersebut tidak pernah mengalami peluapan. Puncak dari kondisi iklim yang mengarah ke optimum terjadi selama pembentukan IPP C.3, sedangkan puncak dari iklim minimum berlangsung di kala proses pembentukan Sub-IPP B.3. Secara lateral, fenomena berubahnya tubuh sedimen adalah hasil dari proses internal S. Citarum yaitu hubungan antara aliran, morfologi, dan energi.
- Tidak dijumpai unsur organik termasuk sisa-sisa tumbuhan selama pembentukan interval proses pengendapan, kemungkinan disebabkan oleh kondisi iklim yang relatif dominan setengah basah hingga kering. Perubahan warna yang umumnya terang perlu dicurigai sebagai pertanda bahwa kondisi iklim ketika itu mengarah ke minimum.

Ucapan Terima Kasih

Data yang digunakan adalah hasil kegiatan lapangan yang dilakukan pada bulan Maret pril 2010, dan merupakan program penelitian Pusat Survei Geologi, Badan Geologi. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada Ir. Subiyanto MSc yang telah bekerja sama dan banyak membantu sehingga makalah ini dapat rampung. Juga kepada Kepala Pusat Survei Geologi atas izinnya untuk menggunakan data tersebut untuk kepentingan penulisan makalah, penulis mengucapkan terima kasih.

Acuan

- Alzwar, M., Akbar, N., dan Bachri, S., 1992. *Peta Geologi Lembar Garut dan Pameungpeuk*, Jawa, skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Benda, L., 1990. The influence of Debris Flows on Channels and Valley floors in the region Coast range, USA. *Earth Surface Processes and Landforms*, 15: 457-466.
- Chin, A., 1988. On the stability of step-pool mountain streams. *The Journal of Geology*, 106: 59-69.
- Chin, A., 1989. Step-pools in stream channels. *Progres in Physical Geograaphy*, 13 (3) : 391-408.
- Chin, A., 2002. The priodic nature of steep-pool Mountain streams. *Journal of Science*, 302: 144-167.
- Finzel, S.F., and McCarthy, P.J., 2005. Architectural analysis of fluvial conglomerate in the Nunushuk Formation, Brook Range Foothills, Alaska; Preliminary interpretive report 2005-2, State of Alaska, Departement of Natural Resources: 18pp, 42005 bytes; http://www.dggs.alaska.gov/webpubs/dggs/pir/text/pir.2005_002.PDF.
- Furbish, D.J., 1998. Irregular bed forms in steep, rough channels. 1. Stability Analysis. *Water Resources Research*, 34 (12): 3635-3648.
- Grant, G.E., Swanson, F.J., and Wolman, M.G., 1990. Pattern and origin of stepped-bed morphology in high gradient streams, Western Cascades, Oregon. *Geological Society of America Bulletin*, 202: 340-352.
- Kondolf, G.M., 1997. Profile Hungry water: Effects of Dams and Gravel Mining on River channels. *Environmental Management*, 21 (4): 533-551.
- Lindsey, K.A., and Gaylord, D.R., 1990. Lithofacies and Sedimentology of the Miocene-Pliocene Ringold Formation, Hanford Site, South-Central Washington. *Northwest Science*, 64 (3): 165-180.
- Miall, A.D., 1978. Facies type and vertical profile models in braided river deposits: a summary. In: Miall, A.D. (Ed), *Fluvial Sedimentology*, Canadian Society of petroleum Geologist, Memoir 5: 597-604.
- Miall, A.D., 1992. Alluvial Deposits. In: Walker, R.G. and James, N.P. (Eds.), *Facies Models response to sea level change*. Geological Association of Canada: 119-142.
- Montgomery, D.R., and Buffington, J.MI. 1997. Channel-reach morphology in mountain drainage basins. *Geological Society of America Bulletin*, 109: 596-611.
- Nakamura, F., and Swanson, F., 1993. Effects of coarsewoody debris on morphology and sediment storage of a mountain stream system in western Oregon. *Earth Surface Processes and Landforms*, 18: 43-61.
- Perlmutter, M.A., and Matthews., 1989. Global Cyclostratigraphy. In: Cross, T.A. (Ed), *Quantitative Dynamic Stratigraphy*. Prentice Englewood, New Yersey: 233-260.
- Ramos, A., and Sopena, A., 1983. Gravel bars in low sinuosity streams (Permian and Triassic, central Spain). In: Collinson, J.D., and Lewin, J. (Eds.), *Modern and ancient fluvial systems, Special Publication of the International Association of Sedimentologist*, 6: 301-312.
- Schmidt, K.,H., and Ergenzinger, P, 1992. Bedload entrainment, travel lengths, step-lengths, rest periods- studied with passive (iron, magnetic) and active (radio) tracer techniques. *Earth Surface Processes and Landforms*, 17: 147-165.
- Whittaker, J.G., 1987. Sediment transport in step-pool stream. In: Thorne, C.R., Bathust, J.C., and Hey, R.D. (Eds), *Sediment transport in gravel-bed rivers*. Chicchester, willey: 545-773.