

# KONTROL SIRKULASI IKLIM DAN TEKTONIK TERHADAP ENDAPAN SEDIMEN SUNGAI PURBA BERUMUR PLISTOSEN DI DESA MULYASEJATI, KARAWANG DAN CILANGKAP, PURWAKARTA

H. Moechtar dan Subiyanto

Pusat Survei Geologi  
Jl. Diponegoro 57, Bandung 40122

## Sari

Studi yang dilakukan pada satuan batupasir konglomeratan dan batulanau (Qoa) di Desa Mulyasejati (Kabupaten Karawang) dan satuan batupasir tufaan dan konglomeratan (Qav) di Desa Cilangkap (Kabupaten Purwakarta) berumur Plistosen. Penelitian ini merekonstruksi mekanisme terbentuknya Interval Periode Pengendapan (IPP) setiap satuan litostratigrafi tersebut. Analisis sedimentologi dan stratigrafi terhadap tujuh penampang tegak berskala 1:50, ketebalan sedimen antara 1,20 - 7,70 m dilakukan di lapangan. Berdasarkan korelasi, kedua satuan batuan tersebut diatas termasuk sistem *fluvial*, dan dapat dibedakan menjadi empat IPP A-D. Pola rangkaian fasies yang membentuk setiap IPP telah dipengaruhi oleh faktor tektonik, yaitu sesar naik. Gerak vertikal yang disebabkan oleh faktor tektonik sesar naik tersebut menghasilkan Fasies Alur Sungai (FAS) 1 – 4. Perubahan komposisi sedimen secara vertikal adalah sebagai kontrol dari tingkat kebasahan/ kelembaban yang berhubungan dengan berubahnya iklim mengikuti siklus Milankovitch. Perubahan warna dan komposisi sedimen dari sistem *fluvial* selama proses pengendapan IPP A-D ditafsirkan sebagai hasil dari perubahan iklim. Sirkulasi iklim tersebut mulai dari mendekati iklim optimum sampai iklim minimum bahkan hingga menuju kering.

Kata kunci: fasies, *fluvial*, iklim, Interval Periode Pengendapan

## Abstract

*A study on the conglomeratic sandstone and siltstone unit (Qoa) in the Mulyasejati Village (Kabupaten Karawang) and Conglomeratic and tuffaceous sandstone unit (Qav) of Pleistocene age in the Cilangkap Village (Kabupaten Purwakarta) has been carried out. The objectives of this paper are to reconstruct the mechanism of Depositional Period Intervals (DPI) of each lithologic unit. Sedimentological and stratigraphical analyses were carried out in the field based on seven vertical measured section of 1:50 scales. The thickness of the sections range from 1.20 to 7.70 m. Based on the correlation, both of lithostratigraphic units belong to into fluvial systems, and can be divided into four DPI (A to D). The sedimentary facies pattern of each DPI is controlled by the thrust structure, and are shown by stacking channels (FAS) 1 to 4. Whereas, the vertical composition of sediment is controlled by the fluctuation humidity related to climate change following Milankovitch cycles. Changes in the colour and composition of the sediments of the fluvial systems during the depositional processes of DPI A-D, can be interpereted as the result of climate changes. The climate circulations starting from nearly climatic optimum to climatic minimum or even dry.*

*Keywords: facies, fluvial, climate, Interval of Deposition Periods*

## Pendahuluan

Terkandungnya material klastik pada kedua satuan batuan yang diteliti bukan saja analisa pengendapannya perlu diketahui, tapi dinamika pengendapan terkait mekanisme pembentukannya menarik untuk dipelajari. Khususnya mekanisme pembentukan yang dikendalikan oleh proses eksternal seperti tektonik dan sirkulasi iklim, sehingga pemahaman terhadap satuan batuan tersebut dapat diperoleh lebih rinci.

Efek tektonik dapat berdampak berubahnya elevasi dan bentuk permukaan, sebaliknya pola alur sungai akan berpindah melalui pergeseran atau saling berpotongan, sedangkan akibat berubahnya iklim dapat terekam dari berubahnya komposisi atau karakter fasies sedimen secara vertikal. Keterkaitan sirkulasi perubahan iklim dan efek tektonik adalah merupakan bagian dari faktor kendali penting dan menjadi satuan kesatuan model terhadap suatu dinamika pengendapan (Walker dan James, 1992). Akhir-akhir ini studi siklus stratigrafi dengan pendekatan perubahan iklim universal mengikuti siklus Milankovitch menjadi perhatian serius berbagai ahli kebumihan.

Daerah penelitian dikenal sebagai wilayah terpadat di Pulau Jawa, Kabupaten Purwakarta dan Karawang yang berfungsi sebagai kawasan industri. Oleh karena itu, informasi geologi sangat diperlukan, khususnya kondisi lahan, termasuk sejarah perkembangan tektonik dan berubahnya iklim yang terekam pada batuan yang menopang kawasan tersebut, dan hal ini menjadi tujuan utama penelitian.

Untuk mencapai tujuan tersebut di atas telah dilakukan: (a) mendeskripsi dan menginterpretasi susunan fasies endapan, (b) menelaah dan mengkorelasikan perubahan fasies endapannya, dan (c) membahas dan mengkaji rangkaian urutan fasiesnya.

Pengamatan lapangan, menunjukkan bahwa karakter sedimentasi S. Citarum di samping sebagai alur sungai utama di Jawa Barat, juga pembentukan endapan sungainya relatif tebal yang berkaitan erat dengan faktor pasokan materialnya mulai dari G. Malabar melalui cekungan Bandung hingga daerah tinggian Saguling – Cirata yang umum ditempati batuan Tersier. Dengan demikian umur dari proses pengendapannya di samping relatif panjang juga dipengaruhi oleh proses-proses masa lalu seperti erupsi gunungapi, berubahnya iklim dan tektonik.

Maksud penelitian ini, adalah: (a) mempelajari dan merekonstruksi susunan fasies endapan, sehingga karakternya dapat diketahui, (b) memahami dan mendiskusikan sejarah pembentukan fasiesnya berdasarkan rangkaian stratigrafinya baik secara vertikal ataupun lateral, sehingga faktor kendali pembentukannya dapat diketahui.

## Metodologi

Pengamatan di lapangan secara terperinci dilakukan terhadap dua singkapan berbeda yang terdapat di Desa Cilangkap dan Desa Mulyasejati, lokasi 1 di Desa Cilangkap, Kecamatan Babakan (Kabupaten Purwakarta) yang menurut Achdan dan Sudana (1972) termasuk Satuan barupasir tufaan dan konglomeratan (Qav), dan lokasi 2 di Desa Mulyasejati, Kecamatan Ciampel, Kabupaten Karawang yang termasuk Satuan batupasir konglomeratan dan batulanau (Qoa). Penampang terukur pada 2 lokasi tersebut dilakukan dengan skala 1:50.

Sedimen klastik berupa lempung hingga konglomerat yang diteliti belum terkonsolidasi, masih lepas dan belum terlitifikasi, kecuali konglomerat yang relatif

kompak dan padat. Secara seksama endapan klastik tersebut dipelajari aspek sedimentologinya termasuk perkembangan pembentukan fasies pengendapannya. Setiap perubahan fasies secara vertikal baik tegas ataupun berangsur, termasuk warna; pelapukan; komposisi; butiran dan sebagainya direkam secara seksama dan diplot ke dalam penampang tegak. Data tersebut kemudian dikorelasikan dan dirangkaikan menjadi susunan interval yang dapat dibedakan satu dengan lainnya. Dari rangkaian susunan interval sedimen tersebut, faktor kendali proses pembentukannya khususnya pengaruh sirkulasi iklim dan tektonik apabila ada, akan dapat dipantau.

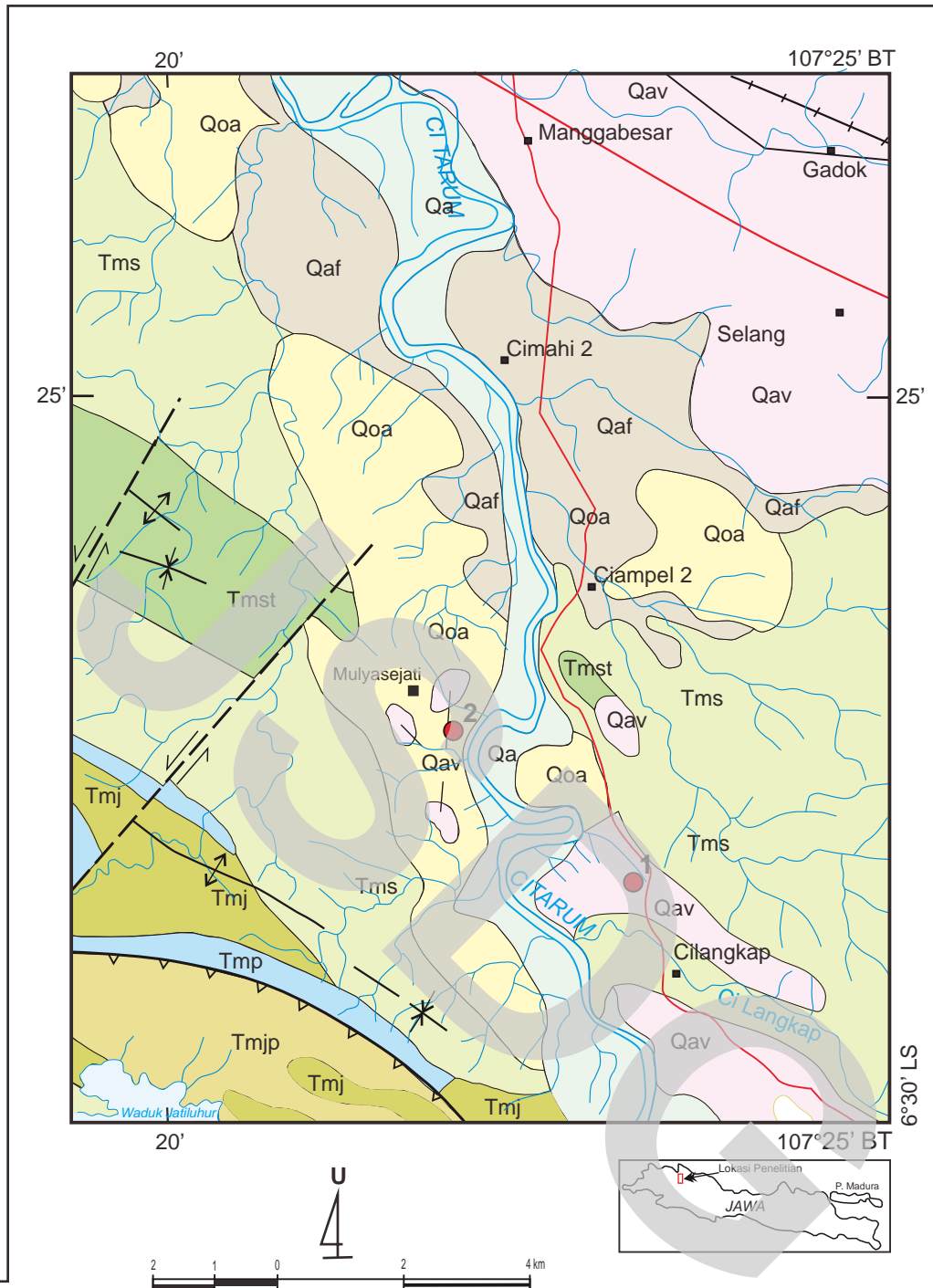
## Fisiografi

Daerah penelitian merupakan transisi morfologi perbukitan hingga dataran aluvium, sedangkan lokasi pengamatan berada di daerah perbukitan rendah yaitu bagian lembah luas yang mengapit. Secara umum, morfologinya merupakan daerah perbukitan rendah hingga bergelombang yang ke arah barat ditutupi oleh formasi batuan Tersier yang membentuk morfologi perbukitan terlipat dan tersesarkan. Di belahan kedua bentangalam tersebut mengalir S. Citarum (Gambar 1).

## Geologi

Formasi batuan tertua yang tersingkap di daerah ini adalah Formasi Jatiluhur (Tmj), Anggota Pasirgombang Formasi Jatiluhur (Tmjp), dan Formasi Parigi (Tmp) berumur Miosen Tengah hingga Miosen Akhir (Achdan dan Sudana, 1992), Formasi tersebut tersebar membentuk perbukitan terlipat dan tersesarkan. Selanjutnya, diendapkan Anggota Tanjakan Pacol Formasi Subang (Tmst) dan Formasi Subang (Tms) berumur Miosen Akhir yang penyebarannya relatif luas, dan selanjutnya ditutupi secara setempat oleh Formasi Kaliwangu (Tpk) dan Formasi Cihoe (Tpc) berumur Pliosen.

Formasi-formasi Tersier tersebut di atas, selanjutnya ditutupi oleh endapan-endapan Kuartar yang tersebar mulai dari morfologi perbukitan rendah hingga dataran aluvium. Endapan-endapan Kuartar ini terdiri atas satuan batupasir konglomeratan dan batulanau (Qoa), dan satuan batupasir tufaan dan konglomeratan (Qav), yang di atasnya ditutupi oleh endapan-endapan berumur Holosen yang menempati morfologi dataran rendah aluvium hingga dataran rendah pantai, yaitu endapan dataran banjir (Qaf) dan endapan sungai muda (Qa).



KETETANGAN

Qa	ENDAPAN SUNGAI MUDA	Qoa	SATUAN BATUPASIR KONGLOMERATAN DAN BATULANAU	Tms	FORMASI SUBANG	Tmjp	ANGGOTA PASIR GOMBONG FORMASI JATILUHUR
Qaf	ENDAPAN DATARAN BANJIR	Tpc	FORMASI CIHOE	Tmst	ANGGOTA TANJAKAN PONCOL	Tmj	FORMASI JATILUHUR
Qav	SATUAN BATUPASIR TUFAAN DAN KONGLOMERATAN	Tpk	FORMASI KALIWANGU	Tmp	FORMASI PARIGI		Jalan raya
	Sesar geser		Antiklin		Sungai		Jalan Kereta api
	Sesar naik		Sinklin		Danau		Lokasi penampang tegak

Gambar 1. Peta geologi lokasi penelitian (modifikasi dari Achdan dan Sudana, 1992).

Daerah penelitian dan sekitarnya merupakan daerah yang telah terlipat dan tersesarkan. Gejala perlipatan terlihat pada Formasi Subang, dengan sumbu antiklin dan sinklin berarah baratlaut-tenggara. Sesar utama di daerah ini adalah sesar geser yang berarah timurlaut-baratdaya, dan sesar naik berarah hampir barat - timur (Gambar 1).

### Sedimentologi

#### Lokasi 1 (Desa Cilangkap, Purwakarta)

Litologi pada Lokasi yang digambarkan pada kolom stratigrafi a (Gambar 2a) setebal 5,50 m, bagian bawahnya berupa konglomerat hingga pasir berbutir sedang, belum terkonsolidasikan secara sempurna (Gambar 2). Konglomerat pada umumnya berukuran kerakal dan sedikit kerikil. Konglomerat dan batupasir ini berwarna kuning kecoklatan hingga coklat kemerahan, butiran mengasar dan kembali menghalus ke arah atas, terpilah sedang hingga baik, dan imbrikasi komponen menunjukkan bahwa sumbu pendek searah arus antara  $U\ 340^{\circ}\ E$  hingga  $U\ 355^{\circ}\ E$ . Komponen kerikil- kerakal berukuran antara 2 – 80 mm, berlapis horizontal (*horizontal bedding*) terdiri atas fragmen batuan beku andesit-basal dan batupung, membulat hingga membulat sempurna. Ciri klastika kasar tersebut yang masif, berimbrikasi searah sumbu pendek dan berlapis horizontal maka diyakini sebagai hasil kerja aliran gravitasi atau gaya berat (*gravity flow sediments*) yang membawa komponen bergerak baik secara menggelinding (*rolling*) ataupun meluncur (*sliding*) pada sistem *fluvial*. Sedangkan butiran pasir yang menghalus yang kembali mengasar terdiri dari fragmen pecahan batuan, kuarsa dan felspar adalah sebagai produk kerja arus traksi. Pada sistem *fluvial* sifat arus tersebut adalah membawa muatan secara mengelompok dan tersebar. Miall (1992).

menyebutkan bahwa daya angkut (*transport*) pada sistem *fluvial* di sepanjang aliran sungai salah satunya dikendalikan oleh arus traksi atau arus daya tarik (*traction currents*). Oleh karena itu, komposisi butiran klastik yang menghalus dan mengasar tersebut diakibatkan oleh berubahnya energi aliran secara teratur. Ciri sedimen demikian ditafsirkan sebagai Fasies Alur Sungai (FAS) (*river channel deposits*), dan identik dengan terminologi Miall (1985) terhadap elemen bangunan endapan *fluvial*, yaitu sebagai elemen alur sungai (CH) yang memiliki berbagai variasi seperti bentuk geometri lempeng

atau memanjang (*sheet*), terekamnya permukaan erosi berbentuk cekung, dan sebagainya.

FAS tersebut di atas selanjutnya ditutupi oleh pasir kasar hingga sangat kasar setebal 2,65 m, masif dan berwarna coklat kemerahan, diselingi oleh perulangan lensa lempung setebal 3-5 cm, pembajian material kerikil atau gejala pengerukan (*scouring*), tidak memperlihatkan permukaan erosi, terpilah sedang, butiran rata-rata membulat tanggung. Lapisan ini diinterpretasikan sebagai FAS, dan termasuk material pasir yang dihasilkan oleh arus traksi pada dasar sungai. Karakter sedimen demikian memiliki kemiripan dengan elemen pasir dasar sungai (*sandy bedform/ SB*) berdasarkan terminologi Miall (1985). Sedimen ini selanjutnya ditutupi oleh lempung berwarna merah kecoklatan yang mengalami proses pelapukan kuat, masif dan kadang-kadang berlapis tipis dan buruk serta tidak sempurna. Sedimen ini ditafsirkan sebagai fasies pelimpahan material sungai ke fasies dataran banjir atau FDB (*flood plain deposits*).

Sedimen yang terukur pada Lokasi yang digambarkan pada kolom stratigrafi b (Gambar 2b), terdiri atas pasir berukuran medium hingga sangat kasar setebal 1,20 m, kerikil dan kerakal pada bagian tengahnya, dan terletak di atas batulempung Formasi Subang. Butiran mengasar dan kembali menghalus, berwarna abu-abu hingga coklat, terpilah sedang, mengandung fragmen pecahan batuan, felspar, dan kuarsa, sedangkan komponen kerakal-kerikil berukuran rata-rata 2-6 cm, berlapis horizontal, dan membulat baik. Lapisan ini diinterpretasikan sebagai FAS di bawah pengaruh arus traksi yaitu sebagai muatan dasar sungai, dan termasuk elemen pasir dasar sungai (SB) dari Miall (1985).

Pada Lokasi yang digambarkan pada kolom stratigrafi c (Gambar 2c), susunan litologinya ditandai di bagian bawahnya oleh fasies yang litologinya mirip sebagai lapisan yang menerus dari fasies bagian bawah Lokasi kolom stratigrafi a (Gambar 2a) sebagai FAS. Ketebalan lapisan adalah 1,15 m, dan menumpang di atas batuan dasar. Ke arah atasnya ditutupi oleh perulangan perselingan lempung dan pasir halus hingga sangat halus. Kemudian ditindih oleh pasir berwarna coklat kelabu hingga kuning kemerahan, tebal antara 15 hingga 42 cm, masif, bagian atas butiran menghalus dan berlapis tipis sejajar (*even lamination*), kadang-kadang mengandung gejala pengerukan oleh material kerikil. Lapisan ini ditutupi

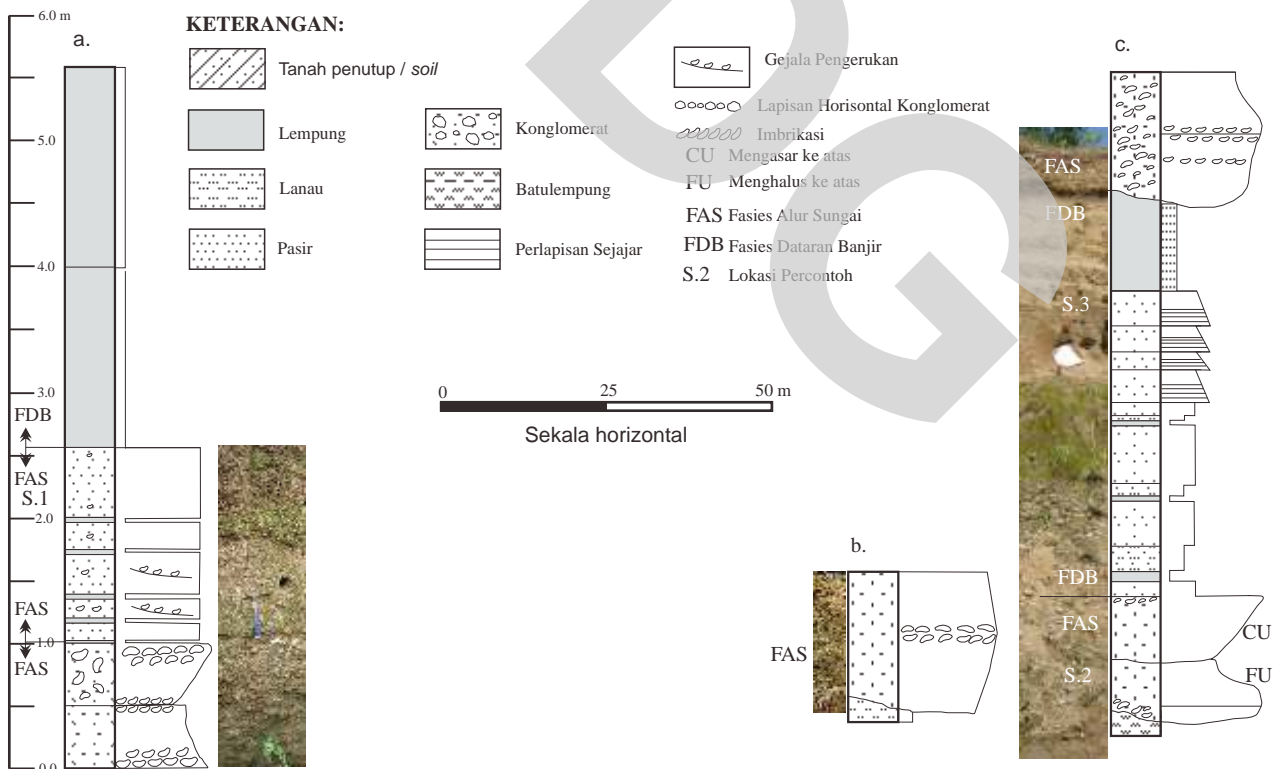


oleh lempung, berwarna coklat kekuningan, tebal antara 3 hingga 70 cm, berlapis tipis, ditafsirkan sebagai fasies endapan dataran banjir atau FDB. Variasi dari perulangan lapisan pasir dan lempung tersebut, cenderung diakibatkan oleh berubahnya energi aliran alur sungai, sehingga material yang dilimpahkannya menjadi berbeda. Semakin halus material yang dilimpahkan oleh alur sungai pada tempat yang sama tanpa posisi alur sungai beralih, maka energi alirannya akan semakin tinggi. FDB ini selanjutnya ditutupi oleh konglomerat setebal 1,20 m, berwarna coklat kemerahan, berukuran rata-rata 2-10 cm, membulat hingga membulat sempurna, memiliki batas jelas dan erosi permukaan di bagian bawahnya, terdiri atas fragmen batuan andesit – basal dan batuapung, berlapis horizontal. Lapisan konglomerat ini ditafsirkan sebagai FAS, dan termasuk fasies GM (Miall, 1978) sebagai tubuh sedimen yang memanjang di dasar sungai, dan mungkin termasuk alur sungai menganyam (*braided streams*). Setiadi (2001) membagi fasies fluvial mengikuti terminologi Miall (1978, 1996) menjadi beberapa bagian, dan menyimpulkan bahwa model dari hubungan antar fasies seperti butiran yang menghalus ke arah atas dan terbentuknya nusa-nusa ditafsirkan sebagai alur sungai menganyam.

Lokasi 2 (Desa Mulyasejati, Karawang)

Pada lokasi ini dilakukan 4 (empat) lokasi pengukuran a-d (Gambar 3a - 3d). Penampang tegak (Gambar 3a) terdiri atas lempung yang terlapukkan, masif tak berlapis, berwarna merah kecoklatan, mengandung sedikit akar tanaman. Fasies ini memiliki kemiripan dengan lapisan lempung bagian atas pada penampang a (Gambar 2a), dan ditafsirkan sebagai Fasies Dataran Banjir (FDB).

Pasir berwarna kuning kelabu hingga coklat kemerahan merupakan karakter fasies di kolom litologi 2.2 dengan tebal 3,30 m (Gambar 3). Lapisan tersebut berupa perulangan antara pasir berukuran medium hingga kasar dengan tebal antara 20 cm hingga 120 cm dengan bidang permukaan erosi yang tidak menyolok. Pasir ini dicirikan oleh pemilahan sedang, sedangkan bagian atasnya telah mengalami proses pelapukan. Pada pasir berukuran sedang hingga kasar berkembang perlapisan silang siur bersudut landai, menandakan bahwa energi aliran tidak besar mungkin di bawah kendali arus traksi bagian atas. Selain itu, dijumpai pasir masif berukuran sangat kasar hingga kasar, terkadang berlapis sejajar. Ciri litologi demikian adalah sebagai



Gambar 2. Penampang tegak sedimentologi endapan alur Citarum Purba di Lokasi 1, desa Cilangkap, Kecamatan Babakan Cikao, Kabupaten Purwakarta.

indikasi bahwa energi aliran relatif tidak besar, sehingga pemisahan butir menjadi kurang sempurna dan ditafsirkan termasuk FAS pada sistem alur sungai *ribbon*. Friend dkk. (1979) menyebutkan bahwa, geometri sistem alur sungai *ribbon* memiliki karakter lebar sungai adalah kurang dari 15 kali kedalaman air, dan ini berarti bahwa volume air ketika itu tidak besar sehingga energi aliran menjadi kecil, dengan demikian, muatan suspensi yang sifatnya bolak-balik (*turbulence*) tidak terbentuk. Sistem alur sungai ini tidak jauh berbeda dengan elemen pasir dasar sungai (SB) yang geometrinya berbentuk lensa atau memanjang yang menempati alur sungai (Miall, 1978), dan mungkin masih termasuk bagian dari sistem sungai menganyam. Perulangan proses pembentukan sistem *fluvial* yang ditandai oleh volume air yang dangkal, akan membentuk lapisan konglomerat dari sistem sungai menganyam. Sistem ini jarang atau tidak sama sekali mengandung sedimen aliran gaya berat, sehingga dominan membentuk pulau-pulau kerakal dasar sungai (*gravel bars and bedforms*) (Miall, 1996). Menurut Eberth dan Miall (1991) bentuk geometri endapan yang memanjang seperti itu adalah spesifik terjadi pada sistem *fluvial* pada kedalaman air yang dangkal. Selain itu Finzel dan McCarthy (2005) berasumsi bahwa, dominannya endapan alur sungai yang memanjang dan minimnya aliran gaya berat dapat dikategorikan sebagai muatan dasar sungai (*bed-load transport*).

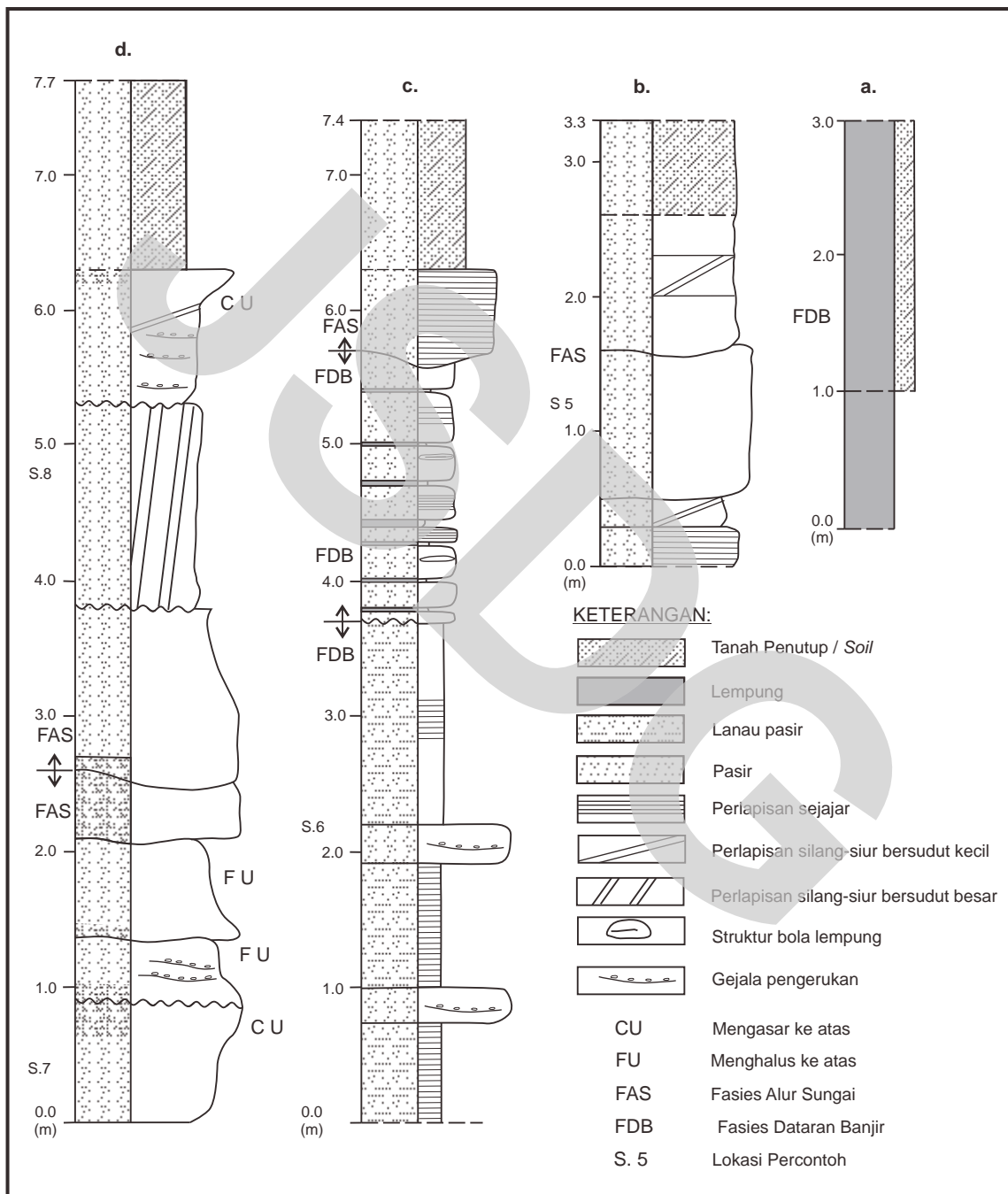
Urut-urutan fasies pada Lokasi 2 kolom litologi c (Gb. 3c) di bagian bawah dan tengah dicirikan oleh selang pengendapannya lanau - pasir dan lempung - pasir, sedangkan bagian atas didominasi oleh pasir dengan ketebalan keseluruhan 7,4 m. Bagian bawah (3,80 m), terdiri dari perselingan lanau (0,80 hingga 1,55 m) dan pasir berukuran sedang ( $\pm 0,25$  m). Lanau pasiran, berwarna coklat abu-abu hingga kuning kecoklatan, berlapis sejajar, minim kandungan sisa tumbuhan dan humus. Lapisan pasirnya berwarna coklat kekuningan, masif dan memperlihatkan gejala pengerukan, dan adanya bercak-bercak oksidasi. Susunan fasies ini ditafsirkan sebagai FDB. FDB ini ditutupi oleh perselingan lempung dengan pasir setebal 2 m dengan permukaan erosi lemah pada bagian bawahnya. Lapisan lempungnya berwarna coklat kekuningan, masif, tebal antara 3 dan 5 cm, tidak mengandung

sisa tanaman dan humus. Sedangkan pasir halusnya berwarna kuning kecoklatan, berlapis sejajar dan mengandung bola lempung (*clay ball*). Komposisi sedimen klastik ini ditafsirkan FDB. FDB yang terakhir lebih terang dengan butiran makin menghalus ke arah atasnya. Perbedaan demikian umumnya terkait dengan berubahnya energi aliran dan kondisi temperatur. Fasies FDB ini ditutupi oleh pasir berukuran medium, berwarna kuning kelabu hingga coklat kemerahan, terpilah sedang dan kemudian ke arah atasnya berangsur menjadi pasir halus yang mengalami pelapukan. Fasies ini termasuk penerusan atau sebagai bagian sayap (*wing*) FAS pada kolom litologi b (Gambar 3b).

Sedimen pada Lokasi 2 kolom litologi d (Gambar 3d) yang ketebalannya mencapai 7,7 m dibedakan menjadi 2 selang pengendapan (Gambar 3). Selang pengendapan di bagian bawah terdiri atas perulangan lapisan pasir dan konglomerat setebal 25 cm hingga 90 cm. Butir pasirnya berukuran sedang hingga konglomerat, mengasar ke arah atas, kuning kecoklatan, abu-abu kecoklatan hingga coklat kemerahan, terpilah sedang, bagian atas ditempati kerikil berukuran antara 2 mm dan 5 cm setebal 25 cm. Fragmen konglomerat terdiri dari batuan andesit, basal, kuarsa, dan batuapung, membulat dan masif. Selang pengendapan ini dierosi oleh perulangan lapisan konglomerat hingga pasir medium dengan komposisi yang sama, dan ditandai oleh gejala pengerukan yang menghalus ke arah atas. Selanjutnya lapisan tersebut dierosi dengan konglomerat setebal 45 cm dengan komposisi yang sama, berwarna kuning kecoklatan hingga coklat, dan masif. Lapisan ini ditafsirkan termasuk FAS, dan selanjutnya ditutupi oleh lapisan pasir dengan ciri dan komposisi litologinya berbeda yaitu oleh selang perulangan pasir yang ukurannya lebih halus. Di bagian bawah selang pengendapan tersebut diendapkan konglomerat hingga pasir berukuran sedang yang memiliki permukaan erosi menerus, berwarna coklat kemerahan, masif, butiran menghalus, dan terpilah sedang yang kemudian dierosi oleh pasir halus. Pasir halus ini berwarna coklat hingga kuning kemerahan, berlapis silang siur bersudut curam, bersifat lepas dan belum padu. Ke arah atas, pasir ini ditutupi oleh lapisan pasir halus hingga konglomerat dengan permukaan erosi yang tegas, berwarna kuning kemerahan, terpilah sedang,

gejala pengerukan oleh kerikil dan berlapis silang siur bersudut landai. Akhirnya di bagian teratas sedimen pada Lokasi 2 kolom litologi (Gambar 3d) ini diendapkan pasir halus yang telah mengalami proses pelapukan. Secara keseluruhan, susunan litologi tersebut diinterpretasikan sebagai FAS hasil arus traksi sebagai endapan dasar sungai, mungkin

termasuk bagian alur sungai berkelok yang belum berkembang baik. Hal ini terbukti tidak dijumpai pertumbuhan sedimen secara lateral (*lateral accretion*) sebagai penciri lingkungan alur sungai berkelok (*meandering*) meski struktur silang siur terbentuk.



Gambar 3. Penampang tegak sedimentologi di Lokasi 2, Desa Mulyasejati, Kecamatan Ciampel, Kabupaten Karawang

Hasil

### *Korelasi dan perpotongan Alur Sungai Purba*

Didasari korelasi dan hubungan antar generasi elemen sistem *fluvial* yaitu antara posisi FAS dengan FDB, maka beberapa catatan penting diketahui bahwa (Gambar 4 dan 5): (1) perpotongan alur sungai dapat dijadikan sebagai pertanda posisi alurnya berpindah dari waktu ke waktu, (2) permukaan erosional dalam setiap perpotongan alur berindikasikan bukan saja tidak meneruskan proses alur secara vertikal tapi juga diikuti oleh perbedaan komponen dan butir termasuk warna dan susunannya, (3) tidak berkembangnya struktur sedimen secara baik, adalah disebabkan karena aktifitas energi aliran yang bekerja di sepanjang pengendapaannya di bawah kendali arus traksi terhadap fraksi butir pasir dan atau aliran gaya berat pada fraksi komponen kerikil-kerakal, dan (4) kombinasi berpindahnya alur sungai dan ciri komposisi dalam setiap Interval Periode Pengendapan (IPP) merupakan satu kesatuan litologi yang sifatnya spesifik, dan terbentuk dalam kurun waktu yang sama.

Dari berbagai ragam kesamaan korelasi pada Lokasi 1 dan Lokasi 2, maka susunan IPP di kedua lokasi tersebut dapat disetarakan, khususnya terhadap pola perkembangan FAS dan FDB. Karakter setiap IPP terutama yang terkait dengan komposisi susunan dan perpotongan alur sungai, lebih lanjut dapat dijelaskan sebagai berikut (Gambar 4 dan 5):

#### 1. Interval Periode Pengendapan (IPP) di Lokasi 1

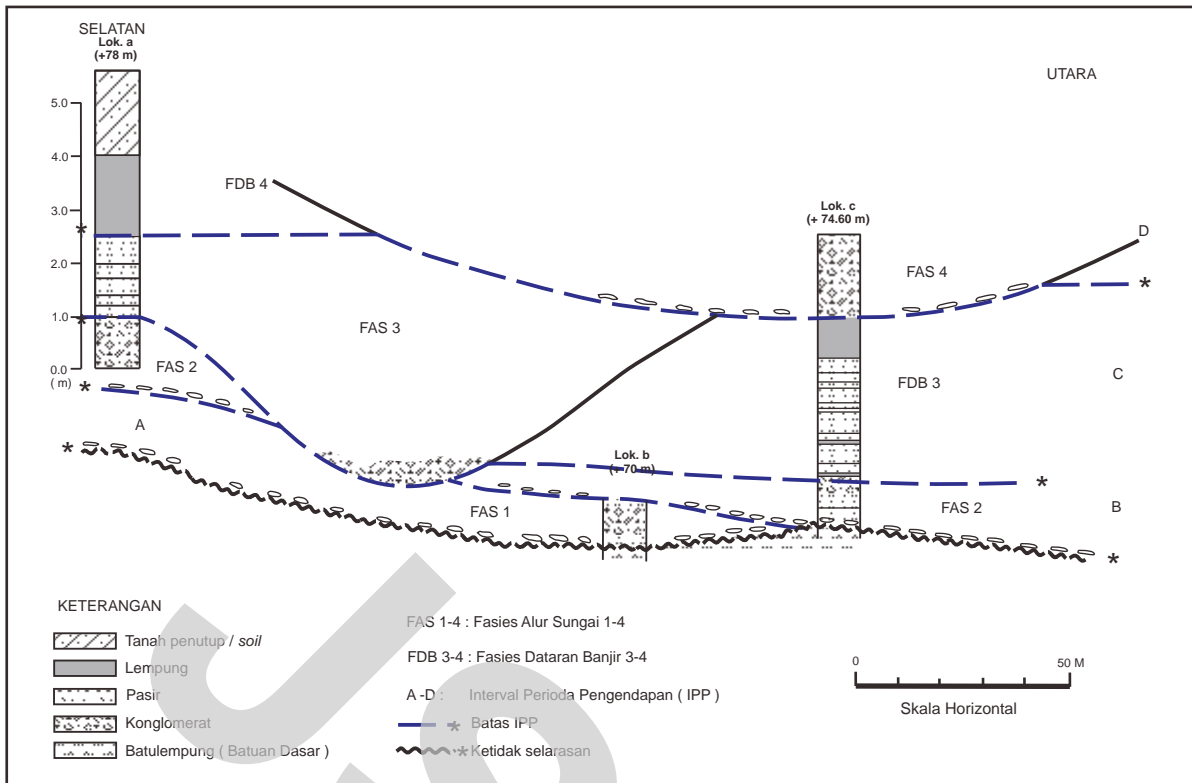
Terbentuknya FAS 1 di Lokasi 1, dengan ciri berwarna abu-abu kecoklatan mengandung lapisan horizontal dan berkomponen membulat baik dengan butiran yang mengkasar hingga menghalus, membuktikan bahwa energi aliran relatif cukup besar. Posisi alur sungai relatif luas, yaitu tersebar sekitar Lokasi satu, kolom litologi a - c (Gambar 2a hingga 2c) dan selanjutnya disebut sebagai IPP A. Kemudian, FAS 1 dierosi oleh FAS 2 yang memiliki warna semakin terang dengan komponen semakin membesar, dan posisi alur sungai tersebut melalui Lokasi satu, kolom litologi a (Gambar 2a) hingga ke arah utara pada Lokasi satu, kolom litologi c (Gambar 2c) sebagai sayap alur sungai dengan ciri butirannya lebih halus. Sistem *fluvial* ini termasuk IPP B, dan alur sungai kembali mengalami pergeseran ke arah utara membentuk FAS 3 yang ditandai oleh warna

sedimen semakin terang dengan butiran semakin kasar. Posisi FAS 3 tersebut berada antara Lokasi a (Gambar 3a) dan Lokasi b (Gambar 3b), dan pada Lokasi a (Gambar 3a) tersebut butirannya didominasi oleh pasir. Pasir tersebut condong sebagai sayap alur sungai, dan selanjutnya menyusut karena ke arah Lokasi c (Gambar 3c) dan diendapkan FDB 3. Sistem *fluvial* tersebut termasuk IPP C. Sistem alur sungai di lokasi tersebut, kembali mengalami pergeseran ke arah utara dan membentuk FAS 4. Sistem ini mengikis FDB 3, dan membentuk FDB 4 pada Lokasi a (Gambar 3a) dengan warna semakin terang sebagai IPP D.

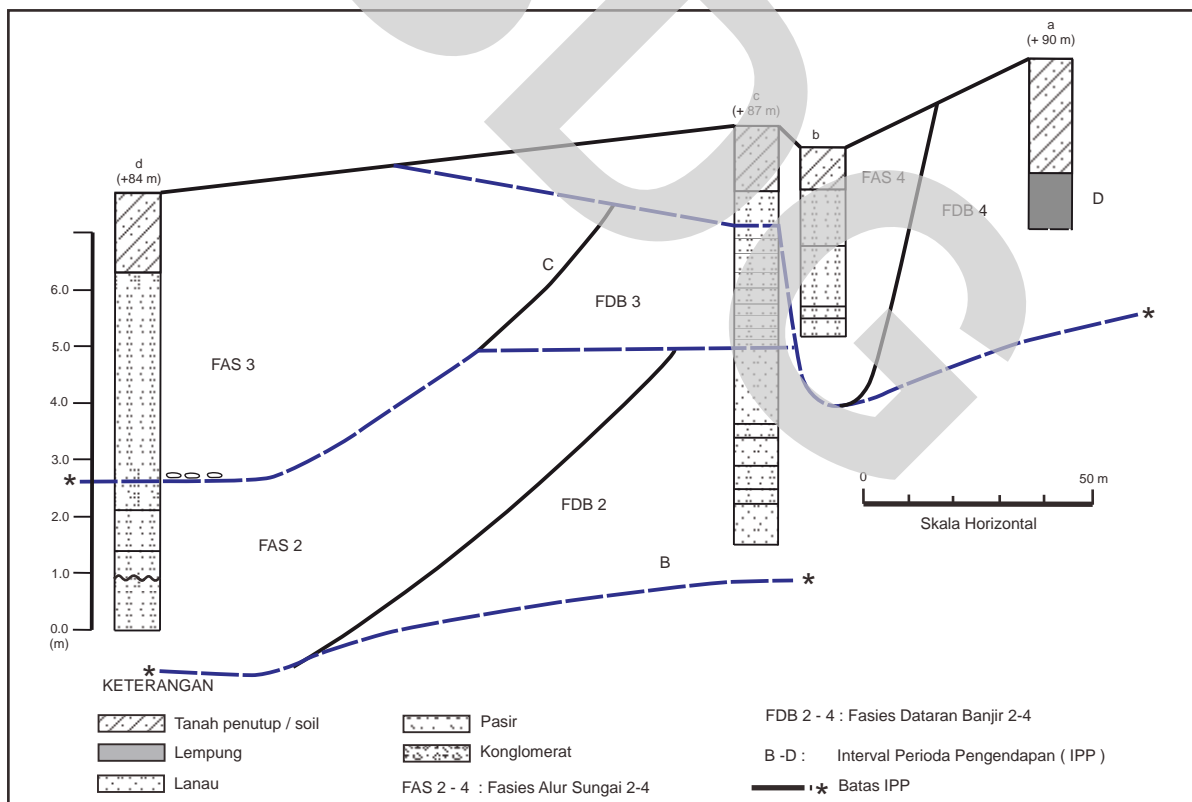
#### 2. Interval Periode Pengendapan (IPP) di Lokasi 2

Meski tidak dijumpai IPP A dan dominannya fraksi pasir yang menyusun sistem *fluvial* di lokasi ini, namun sistem yang terbentuk memiliki kemiripan dan kesamaan dengan Lokasi 1. Karakter tubuh sedimen di Lokasi 2 ini seperti susunan perpotongan alur sungai, komposisi dan warna mempunyai kemiripan dengan sedimen yang berda di Lokasi 1. FAS 2 yang ke arah utaranya dicirikan sebagai sayap alur sungai dan pelimpahannya (FDB 2) adalah termasuk IPP B. Lapisan sedimen IPP B ini berwarna kuning hingga coklat kemerahan, dan kemudian dierosi oleh FAS 3 dengan posisi alur tidak mengalami pergeseran secara signifikan. FAS 3 tersebut termasuk IPP C dengan warna lebih terang, sedangkan kandungan butir pada FDB 3 lebih kasar dibanding FDB 2. Perbedaan ukuran butir tersebut cenderung diakibatkan karena tingkat energi aliran pada sungai menurun, yang mengakibatkan daya angkut sungai menurun sehingga mengendapkan butiran yang lebih kasar. Alur sungai kembali berpindah membentuk FAS 4 dan FDB 4 ke arah utara sebagai IPP D. Komposisi butir FAS 4 lebih halus dibanding FAS 3 sebelumnya, sedangkan warna sedimennya tidak jauh berbeda kecuali pada pelapukan FDB yang berwarna sangat terang. Warna pelapukan FDB 4 yang merah kecoklatan dan semakin terang ke arah atasnya, adalah disebabkan oleh pengaruh temperatur permukaan yang panjang akibat terhentinya proses pengendapan di bawah pengaruh fase iklim kering. Perlmutter dan Matthews (1989) menyebutkan bahwa, pengaruh berubahnya iklim menuju minimum ditandai oleh warna sedimen yang semakin terang.





Gambar 4. Korelasi dan perpotongan alur sungai purba di Lokasi 1, Desa Cilangkap, Kecamatan Babakan Cikao, Kabupaten Purwakarta.



Gambar 5. Korelasi dan perpotongan alur sungai purba di Lokasi 2, Desa Mulyasejati, Kecamatan Ciampel, Kabupaten Karawang

### Tektonik dan Siklus Milankovitch

Reading (1980) mengatakan bahwa gerak lateral yang membentuk bangunan elipsoidal akibat sesar geser (*strike-slip fault*) dan memotong atau mendekati alur sungai akan mengalami pergeseran (*shifting*), sebaliknya apabila alur sungai tersebut melalui bidang sesar maka alur sungai akan mengecil dan membesar membentuk struktur rantai. Selain faktor morfologi, berpindahnya alur sungai dapat diakibatkan oleh tektonik yang menyebabkan berubahnya elevasi permukaan akibat dasar cekungan bergerak naik atau turun. Pola alur sungai yang menyusun IPP di daerah penelitian tidak memperlihatkan bergesernya alur secara lateral mengikuti waktu atau membesar maupun mengecilnya alur sungai secara vertikal. Oleh karena itu, gerak-gerak lateral tersebut tidak terdeteksi sepanjang proses pembentukan IPP. Blakey dan Gubitosa (1984) menyimpulkan bahwa hubungan dari pola pergeseran dan tubuh batupasir secara lateral dan vertikal terkait dengan kecepatan suatu penurunan (*subsidence*). Gerak vertikal pada blok atau bidang yang diam akibat perilaku sesar naik (*uplift*), menyebabkan alur sungai menjadi melebar menyerupai struktur gelas anggur (*wine glass structures*). Sebaliknya pada bagian blok yang bergerak naik, tingkah laku alur sungai akan saling berpotongan dengan tingkat erosi yang tinggi. Pola dan gejala-gejala erosi demikian terekam di daerah penelitian (Gambar 4 dan 5). Karena itu, rangkaian sistem *fluvial* tersebut dipahami telah dikendalikan oleh gerak vertikal akibat sesar naik. Sedangkan efek gerak vertikal akibat sesar normal tidak dijumpai, karena pergerakan sesar ini pada umumnya membentuk beberapa alur sungai seumur yang menyebar (*tributary channels*). Gejala yang dimaksud tidak terekam dari hasil korelasi, terbukti dari perpotongan alur sungai (FAS 1-4) karena memiliki umur yang berbeda. Dominasi fraksi kasar dalam setiap perpotongan alur sungai cenderung berkaitan dengan efek tektonik, karena sistem tersebut membentuk dasar alur baru yang mengendapkan fraksi kasar. Mader (1985) mengklasifikasikan aluvium kasar menjadi alur dasar alur sungai yang tertinggal (*channel floor lag*), pulau atau nusa bagian atas dasar sungai (*channel top lag*), wadah pelimpahan alur sungai (*crevasse splay*), dan konglomerat dataran banjir (*floodplain conglomerates*). Lebih lanjut dikatakan bahwa pola sebaran komposisi butir secara vertikal mengikuti siklus besar efek dari sekuen paleotektonik yang

menghasilkan pasokan material kasar dalam sistem *fluvial*. Mader (1985) juga berasumsi, bahwa perubahan secara lateral condong merupakan evolusi dari paleogeografi.

Perlmutter dan Matthews (1989) dalam studi siklus stratigrafinya mengatakan bahwa, karakter sedimen termasuk komposisi dan warna khususnya dalam sistem *fluvial* akan mengalami perubahan mengikuti sirkulasi iklim. Pernyataan ini terbukti apabila dikaitkan dengan proses yang terjadi mengikuti waktu terkait dengan jumlah volume air yang tergantung pada tingkat kelembaban atau kebasahan (*humidity*), sedangkan tingkat kelembaban tersebut adalah identik dengan berubahnya iklim. Ini berarti bahwa komposisi endapan mulai dari warna, besar dan bentuk butir, dan sebagainya termasuk menyusut dan meluasnya alur sungai dari waktu ke waktu akan mengalami perubahan mengikuti sirkulasi iklim dari siklus Milankovitch. Terbentuknya siklus Milankovitch adalah diakibatkan oleh berubahnya posisi bumi mengitari matahari. Siklus Milankovitch dimulai pada kondisi iklim optimum atau basah menuju iklim minimum yaitu sangat kering (*arid*) di bawah kendali temperatur semakin mendingin (*cooling*). Selanjutnya, iklim kembali menuju optimum di bawah kontrol temperatur menuju panas (*warming*). Oleh karena itu siklus perubahan iklim mengikuti siklus Milankovitch dicirikan oleh suatu awal dari pendinginan hingga akhir pendinginan, dan selanjutnya ditandai oleh awal pemanasan hingga akhir pemanasan. Didasari pemikiran tersebut, maka sifat fasies *fluvial* di daerah penelitian diyakini sebagai berikut:

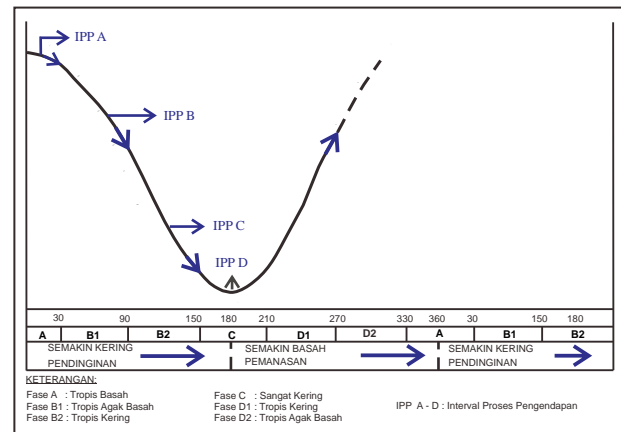
1. IPP A memiliki komponen dan butiran yang lebih kecil atau lebih halus dengan warna yang lebih gelap dibanding IPP B yang terletak di atasnya, dan ciri ini memberi kesan bahwa selama proses terbentuknya IPP A kondisi iklim ketika itu adalah lebih basah dibanding IPP B. Atau dengan kata lain, kondisi iklim selama pembentukan IPP B lebih kering dibanding proses sedimentasi yang terjadi sebelumnya.
2. Komponen yang semakin membesar dengan warna yang semakin terang selama proses pembentukan IPP C bila dibanding IPP B, maka diduga faktor penyebabnya adalah terkait dengan semakin berkurangnya volume air, dan gejala ini sebagai pertanda bahwa kondisi iklim menuju kering.

3. Semakin besarnya ukuran komponen pada interval bagian bawah IPP D (kolom litologi 1.3/ Gambar 2) dan butiran pasir menjadi menghalus ke arah interval atas (kolom litologi 2.2/ Gambar 3), serta memiliki warna yang semakin terang, maka dapat dikatakan bahwa kondisi iklim diawal pembentukan IPP D mengarah ke minimum. Kondisi iklim minimum tersebut, akhirnya kembali menuju optimum hingga akhir pembentukan IPP 4.

Berubahnya karakter komponen dan butir termasuk warna dalam sistem *fluvial* pada satuan batuan Qoa dan Qav secara vertikal adalah semata-mata mengikuti sirkulasi berubahnya iklim, meski dipengaruhi oleh proses saling berpotongnya alur sungai. Dengan tidak dijumpainya gejala pertumbuhan alur sungai membentuk beting sungai sebagai penciri tingkat kebasahan optimum, maka berarti bahwa IPP A diprediksi sebagai tingkat kelembabannya berkisar antara mendekati basah hingga agak basah (*humid to sub-humid*), diikuti agak basah (IPP B), dan selanjutnya kering (*dry*) (IPP C), dan menuju mendekati sangat kering hingga kering (*nearly arid to dry*) (IPP D) (Gambar 6). Kondisi iklim mencapai puncak minimum tidak terlihat tanda-tandanya, karena peristiwa tersebut umumnya ditandai oleh alur sungai yang hampir-hampir tidak mengalir seperti halnya tipe alur sungai Wadi. Sedangkan selama proses pembentukan IPP D alur sungai masih memperlihatkan energi alirannya terbukti dengan diendapkannya FDB 4, sehingga klimaks dari iklim minimum tidak tercapai. Dengan demikian, kisaran siklus berubahnya iklim dalam rekaman sedimentasi di daerah penelitian antara mendekati basah menuju mendekati sangat kering dan selanjutnya di bawah kendali kondisi kering. Artinya, siklus Milankovitch sehubungan berubahnya iklim dapat dipantau pada kedua satuan batuan yang berbeda tersebut.

#### Diskusi

Telahaan sehubungan dengan proses pembentukan Satuan batupasir konglomeratan dan batulanau (Qoa) dan satuan batupasir tufaan dan konglomerat (Qav) terindikasikan bahwa, kedua satuan batuan tersebut seumur yang pembentukannya di bawah kendali tektonik dan sirkulasi iklim dalam kesamaan waktu. Achdan dan Sudana (1992) menyatakan bahwa Qoa merupakan endapan teras Sungai Citarum dan Cibeet yang disetarakan dengan Aluvium Tua (Qoa) di Lembar Cianjur, sedangkan Qav



Gambar 6. Interval proses pengendapan di daerah penelitian mengikuti perubahan iklim terkait siklus Milankovitch.

yang terletak di atasnya dibandingkan dengan Kipas Aluvium (Qpc) di Lembar Jakarta dan dengan Satuan Batupasir dan Konglomerat (Qos) di Lembar Cianjur. Endapan ini merupakan endapan sungai jenis kipas aluvium (Djamal, 1985 dalam Achdan dan Sudana, 1992), dan Ludwig dalam Achdan dan Sudana, 1992 menyebutnya sebagai material lahar tua dan termasuk endapan sungai. Kedua satuan batuan tersebut pada dasarnya terkait erat sehubungan dengan proses pembentukannya, yaitu:

1. Mengikuti sirkulasi iklim dari waktu ke waktu, terbukti bahwa perkembangan proses pengendapan yang membentuk Qoa dan Qav adalah termasuk rezim aliran sistem *fluvial* yang seumur, dan bila ditinjau dari aspek litologinya seperti perbedaan kandungan komposisi maka faktor pasokan materiallah yang menjadikan perbedaan tersebut. Hal tersebut umum terjadi pada cekungan *fluvial*, karena menyangkut berbagai ordo sungai yang dipegaruhi kegiatan erupsi gunung api.
2. Perulangan dari saling berpotongnya generasi alur sungai dari waktu ke waktu (IPP A-D), harus dipercayai bahwa batuan dasarnya bergerak naik-turun. Sebaliknya, terputusnya proses sedimentasi setelah pembentukan IPP D baik secara lateral ataupun vertikal, kiranya dapat disimpulkan bahwa tubuh sedimen IPP A-D tersebut terangkat. Apabila dugaan ini benar, maka sedimen tersebut adalah merupakan bagian dari zona tinggian (*axial zones*) sebagai efek akhir dari sesar naik regional sedangkan dataran rendah aluvium Karawang adalah termasuk zona-zona penurunan (*subsidence zones*).

Karakter IPP A-D lebih lanjut dipahami sebagai sedimen dari sistem alur Citarum purba yang telah mengalami pengangkatan, dengan memperhatikan bahwa:

1. Rangkaian fasies IPP A-D merupakan bagian dari siklus Milankovitch yang kisarannya mulai dari mendekati iklim optimum hingga mendekati iklim minimum dan kembali menuju kering. Stratigrafi global, ditandai awal Holosen oleh kondisi iklim optimum yang puncaknya terjadi pada  $\pm 9000$  tahun yang lalu, dan waktu tersebut adalah identik dengan waktu maksimum dari muka laut naik serta sebagai ciri dari puncak mencairnya es (*inter-glacial*). Hubungan antar peristiwa global yang dimaksud, terkesan bahwa IPP A-D merupakan bagian dari satu kesatuan siklus Milankovitch berumur 20.000 tahun. Siklus yang dimaksud belum terangkai lengkap karena puncak kondisi iklim yang menutupi IPP A-D adalah kering, sehingga kondisi iklim optimum sebagai penciri akhir dari siklus Milankovitch tidak dijumpai.
2. Suatu kesinambungan proses pengendapan mengikuti siklus Milankovitch yang dikontrol oleh Sungai Citarum seyogianyalah dapat diungkapkan, dan diduga kelanjutan dari rangkaian fasies sedimen Sungai Citarum purba mengikuti siklus Milankovitch posisinya terletak di bawah alur Sungai Citarum kini. Apabila dugaan tersebut benar, maka dapat diasumsikan bahwa pada akhir Plistosen bersamaan berakhirnya pembentukan IPP D kondisi iklim ketika itu adalah kering yang dikuti oleh kegiatan tektonik membentuk tinggian dan dataran Purwakarta - Karawang seperti yang terlihat sekarang.

Dari penjelasan di atas, maka karakter Sungai Citarum melalui daerah penelitian tidak terlepas dari pengaruh aktivitas tektonik yang membentuk lembah Citarum dan dataran aluvium ke arah utaranya. Herail dkk. (1989) dalam studi mereka terhadap evolusi sedimentasi di cekungan Tipuani-Mapiri

(Bolivia) menyebut sebagai peristiwa penting dari erosi pada akumulasi pengendapan konglomerat Cangalli, dan sedimen tersebut dicirikan oleh beberapa fasies yang dapat memberi karakter dalam mengenal pengendapan bagian atas lembah utama yang berasal dari *cordillera* dan lembah purba kedua. Disebutkan pula bahwa lapisan konglomerat adalah sebagai produk dari aktifitas sesar naik yang patah atau retak.

## Kesimpulan

- Kontrol sirkulasi iklim dan tektonik terhadap satuan batuan berbeda yang memiliki corak litologi yang tidak sama, menunjukkan bahwa satuan batuan tersebut terbentuk dalam satu kesatuan sistem proses sedimentasi yang seumur. Perbedaan tersebut cenderung dikarenakan sistem komposisi pasokan material pembentuknya saja. Salah satunya adalah akibat berbedanya tingkat ordo sungai yang dipengaruhi oleh kegiatan erupsi gunung api pada sistem cekungan *fluvial*.
- ? Terbentuknya IPP A-D adalah mengikuti sirkulasi berubahnya iklim, sedangkan setiap Interval Proses Pengendapan ditandai oleh aktifitas tektonik. IPP A-D yang merupakan produk proses Sungai Citarum purba berumur Plistosen Akhir. Oleh karena itu, sedimen Sungai Citarum dapat dijadikan model tataan stratigrafi Plistosen Akhir hingga Resen, karena merupakan suatu proses yang berkesinambungan mulai dari terbentuknya IPP A-D hingga proses sedimentasi Sungai Citarum yang berlangsung hingga sekarang.

## Ucapan Terima Kasih

*Data yang digunakan adalah hasil kegiatan lapangan yang dilakukan penulis dan anggota tim penelitian perubahan iklim pada Maret hingga April 2010. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Survei Geologi, Badan Geologi atas izinnnya untuk penerbitan makalah ini.*

Acuan

- Achdan, A., dan Sudana, D., 1992. *Peta Geologi Lembar Karawang , Jawa, skala 1:100.000*. Puslitbang Geologi, Bandung.
- Blakey, R.C., and Gubitosa, R., 1984. Controls of sandstone body geometry and architecture in the Chinle Formation (Upper Triassic), Colorado Plateau. *Sedimentary Geology*, Vol. 38: 51-88.
- Eberth, D.A., and Miall, A.D., 1991. Stratigraphy and evolution of a vertebrate-bearing, braided to anastomosed fluvial system , Cutler Formation (Permian-Pennsylvanian), north-central New-Mexico. *Sedimentary Geology*, 72 ( 3-4) : 225-252.
- 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](http://www.dggs.alaska.gov/webpubs/dggs/pir/text/pir.2005_002.PDF)
- Friend, P.F., Slater, M.J., and William, R.C., 1979. Vertical and lateral building of river sand-stone bodies, Ebro, Basin, Spain. *Journal Geol. Soc. London*, 136 : 39-49.
- Heraill, G., Fornari, M., Viscarra, G., Laubacher, G., Argollo, J., and Miranda, V., 1989. Geodynamic and Gold Distribution in the Tipuani-Mapiri Basin (Bolivia). *International Symposium on Intermontane Basins: Geology & Resources*, Chiang Mai, Thailand (30 Januari – 2 Februari 1989) : 342-352.
- Mader, D., 1985. Fluvial conglomerates in continental red beds of the Buntsandtein (Lower Triassic) in the Eifel (F.R.G.) and their palaeoenvironmental, palaeogeographical and palaeotectonic significance. *Sedimentary Geology*, vol. 44, Issues 1-2: 1-64.
- 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., 1985. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Science Review*, 22 : 261-308.
- Miall, A.D., 1996. *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology*. New York, Springer : 582pp.
- 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.
- Miall, A.D., and James, N.P., 1992. Preface. In: Walker, R.G. and James, N.P. (Eds.), *Facies Models response to sea level change*. Geological Association of Canada.
- Perlmutter, M.A., and Matthews, M.A., 1989. Global Cyclostratigraphy. In: Cross, T. A. (Ed.), *Quantitative Dynamic Stratigraphy*, Prentice Englewood, New Jersey: 233-260.
- Reading, H.G., 1980. Characteristics and recognition of strike-slip fault systems. In: Balance, P.F. and Reading, H.G. (Eds.), *Sedimentation in Oblique-slip Mobile Zones*, Spec. Publ. Int. Assoc. Sediment. (1980) 4: 7-26.
- Setiadi, D.J., 2001. Fluvial facies of the Citalang Formation (Pliocene-early Pleistocene), West Java, Indonesia. *Journal of Geosience*, Osaka City University, Vol. 44, Art. 11: 189-199.
- Walker, R.G. dan James. N.P (1992) Preface. In: A.D. Miall and N.P. Jones (eds.), *Facies models response to sea level change*. Geological Association of Canada.