



ANOMALI IMBUHAN PADA HULU ZONA DEPOSISI SISTEM FLUVIAL CIKAPUNDUNG, JAWA BARAT

Zamzam A.J. Tanuwijaya¹, Hendarmawan², A. Sudradjat³ dan W. Kuntjoro⁴

^{1,4} Program Studi Geodesi dan Geomatika, ITB.

^{2,3} Program Studi Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran.

ABSTRAK

Terdapat adanya indikasi kehilangan debit sungai Cikapundung yang bersifat alami pada segmen Maribaya-Gandok. Segmen ini secara umum bersifat *effluent* (air tanah mengisi air sungai), sehingga gejala imbuhan *influent* (air sungai mengisi air tanah) yang terjadi pada segmen ini merupakan suatu anomali. Gejala imbuhan terbesar diduga terjadi di daerah Gandok yang merupakan area hulu zona deposisi. Penelitian ini dilakukan untuk menguji dugaan tersebut. Dilakukan survey debit sungai dan identifikasi kondisi-kondisi geologi pada sepanjang segmen yang diteliti. Adapun pengujian secara statistik terkait pengaruh variabilitas debit sungai terhadap muka air tanah dilakukan melalui analisis deret waktu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses imbuhan terbesar memang terjadi di area yang telah diduga, yaitu pada segmen yang memiliki faktor gradien terendah dan berdensitas kelurusan tinggi. Proses imbuhan terjadi khususnya melalui zona kontak peralihan antara Formasi Cibeureum dan Cikapundung.

Kata kunci : zona deposisi, imbuhan, *effluent*, *influent*

ABSTRACT

There is an indication of the natural discharge loss of the Cikapundung river in the Maribaya-Gandok segment. Generally, the characteristic of this segment is *effluent*, so the *influent* process in this segment is an anomaly. It is suspected that the major recharge happened in the Gandok area which is an upper area of the deposition zone. This research examines this hypothesis. The process of surveying discharge and identifying the supporting geological conditions has done along the segment. While the statistical testing is used to measure the influence of discharge variability to the water table through time series analysis. The result of this study shows that the major recharge happens in the suspected area, which is in the segment that has the lowest gradient factor and high density lineaments. The process of recharge happens especially through the contact zone between the Cibeureum and the Cikapundung formation.

Keywords : deposition zone, recharge, *effluent*, *influent*

PENDAHULUAN

Segmen sungai Cikapundung mulai dari kawasan Maribaya hingga Gandok mencakup dua zona sistem fluvial, yaitu zona transfer dan bagian hulu zona deposisi. Pada segmen ini terjadi kehilangan debit yang signifikan, baik yang disebabkan oleh faktor rekayasa maupun oleh sebab alami. Kehilangan debit secara alami terjadi melalui mekanisme imbuhan. Karena jalur sungai pada zona transfer ditutupi oleh lava basal, maka mayoritas air sungai yang diimbuhkan diduga terjadi pada area hulu zona deposisi (Tanuwijaya dkk., 2016).

Kehilangan debit secara *influent* (air sungai bersifat mengisi akifer air tanah) pada segmen Maribaya-Gandok merupakan suatu anomali, karena

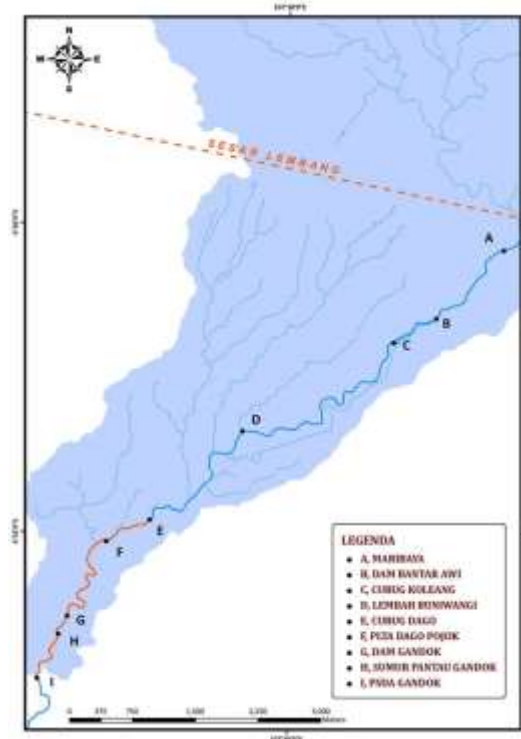
segmen ini secara umum bersifat *effluent* (air tanah bersifat mengisi air sungai). Sifat ini didukung oleh morfologi sungai berupa lembah berbentuk V dan terdapat banyak mata air yang keluar dari dinding lembah Cikapundung segmen Gandok-Viaduct bersifat *effluent* secara permanen (Puradimaja & Lubis, 2006). Adapun tujuan penelitian adalah : pertama, untuk mengkaji apakah memang terjadi gejala anomali imbuhan (*influent*) pada area hulu zona deposisi. Kedua, untuk mengkaji apakah faktor litologi dan struktur geologi pada area ini memegang peranan penting dalam proses imbuhan yang terjadi. Ketiga, untuk mengkaji apakah pola muka air tanah

pada area imbuhan berfluktuasi mengikuti debit sungai.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Daerah penelitian dilakukan pada sepanjang sungai Cikapundung segmen Maribaya-Gandok. Data spasial yang digunakan berupa Peta Geologi Bandung berskala 1:100.000 (Silitonga, 2003); peta rupa bumi digital Cekungan Bandung, berskala 1:25.000 (BIG Edisi 2001); dan model ketinggian digital *DEM*. Berdasarkan

peta rupa bumi digital, dibuat profil longitudinal dan faktor gradien sungai. Berdasarkan *DEM* dibuat peta densitas kelurusan regional. Kemudian dilakukan pengukuran kekar pada 60 pos ukur di segmen Maribaya-Gandok. Juga dilakukan pengukuran debit sungai dan debit mata air secara telusur (*trace*). Titik-titik A-I menyatakan titik-titik pantau utama debit sungai yang mencakup zona transfer dan area hulu zona deposisi (Gambar-1).



Gambar 1 Pos-pos pantau utama debit Cikapundung (A s/d I) yang mencakup zona transfer dan area hulu zona deposisi (Tanuwijaya dkk, 2016)

Dilakukan pengukuran deret waktu tinggi muka air sungai di Dam Gandok (G) dan deret waktu tinggi muka air tanah di sumur pantau (H) dengan perangkat *AWLR* (*automatic water level recording*), masing-masing berbasis ultrasonik dan hidrostatik, dengan selang pencuplikan data 10 menit. Variabel-variabel iklim di daerah Gandok diukur dengan perangkat *AWR* (*automatic weather recording*).

Hipotesis penelitian diuji dengan menggunakan beberapa metode statistik, khususnya model deret waktu *GARCH* (*generalized autoregressive*

conditional heteroscedasticity). Penggunaan model *GARCH* diperlukan karena karakter data hidrologi mengandung tingkat volatilitas yang tinggi, sehingga model yang diestimasi memiliki variansi kesalahan yang berubah-ubah terhadap waktu.

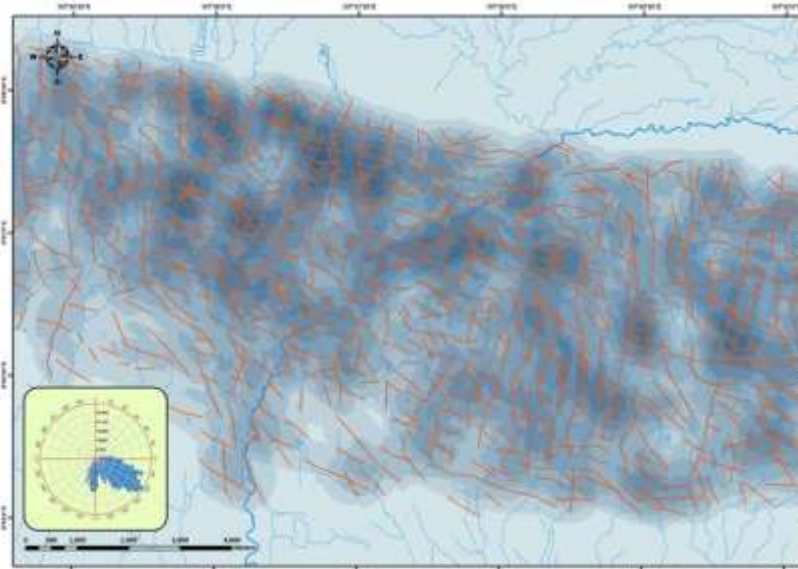
HASIL DAN PEMBAHASAN

Geologi Kawasan Bandung Utara sangat dipengaruhi sejarah pembentukan Gunung Pra-Sunda, Sunda, dan Tangkuban Parahu yang dicirikan oleh berbagai batuan produk gunung api. Batuan tertua merupakan produk erupsi Gunung Pra-Sunda dan

Sunda, memiliki sifat meloloskan air rendah hingga sedang. Adapun batuan termuda merupakan produk erupsi Gunung Tangkuban Parahu, memiliki sifat meloloskan air sedang hingga tinggi. Berdasarkan tingkat kelolosan air, densitas kelurusan, kerapatan sungai, dan curah hujan, wilayah KBU dapat dibagi menjadi tiga zona potensi resapan. Zona potensi resapan tinggi tersusun oleh batuan produk Gunung Tangkuban Parahu; potensi resapan sedang tersusun oleh produk gabungan Gunung Sunda dan Tangkuban Parahu; potensi resapan rendah tersusun oleh batuan tua

produk Gunung Pra-Sunda dan Sunda (Riyadi, 2013).

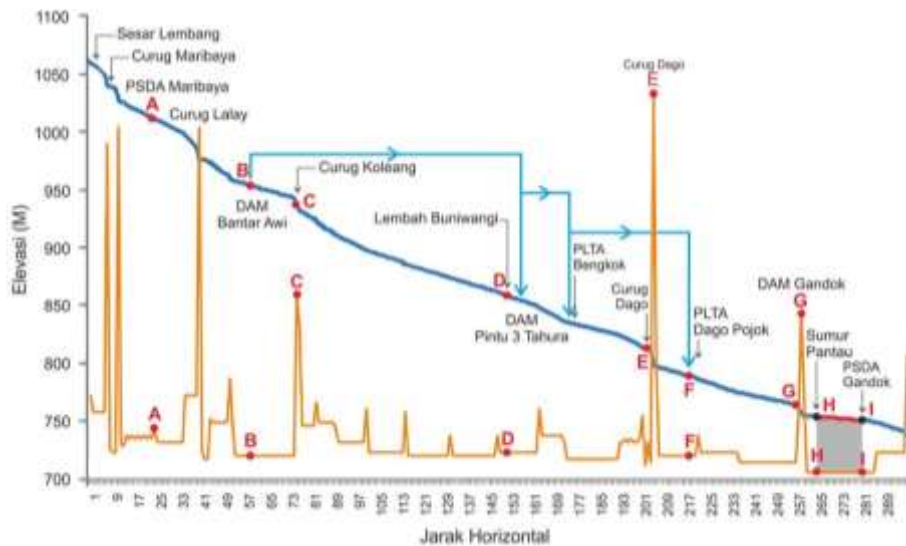
DAS Cikapundung Utara dipengaruhi oleh aktivitas tektono-vulkanik Sesar Lembang dan erupsi strato Komplek Vulkanik Sunda. Deformasi-deformasi kerak bumi terjejak hingga ke permukaan berupa retakan-retakan regional, dimana jejaknya cenderung diperkuat oleh proses-proses erosi air. Struktur-struktur ini sangat berpengaruh pada sistem hidrogeologi, menjadi zona-zona lemah tempat pergerakan air tanah disebabkan oleh sifat porositasnya yang tinggi.



Gambar 2 Kontur densitas kelurusan bidang selatan Sesar Lembang (Tanuwijaya dkk, 2016)

Gambar-2 memperlihatkan kontur densitas kelurusan pada bidang selatan Sesar Lembang. Diagram roset memperlihatkan orientasi umum yang tersusun atas dua komponen, yaitu komponen mayor tenggara-barat laut dan komponen minor utara-selatan. Komponen pertama mencerminkan pengaruh aktifitas tektonik Sesar Lembang, dan komponen kedua

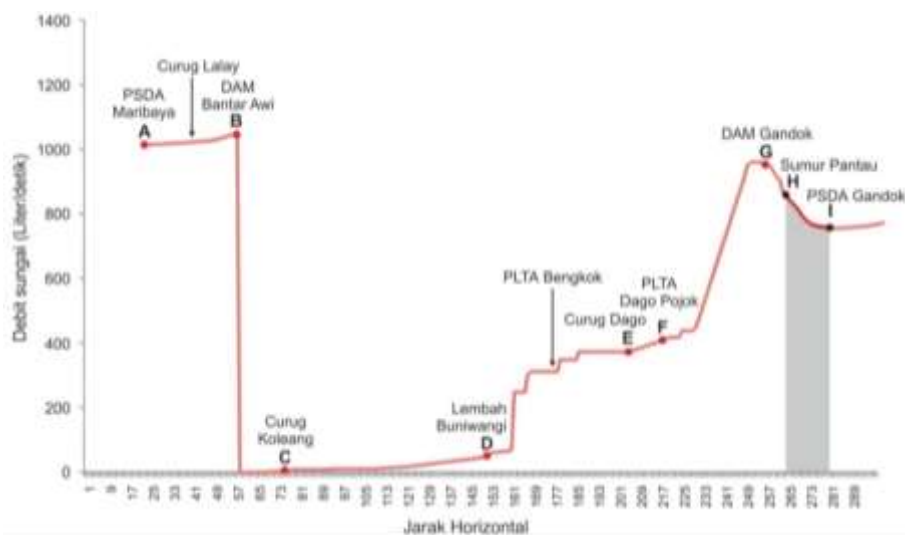
mengikuti pola tektonik Sunda. Pola spasial komponen mayor cenderung meridial memusat ke ujung barat sesar, diantaranya ada yang menerus hingga ke batuan Tersier di kawasan barat-laut kaldera Gunung Sunda. Adapun pola *strike* total kekar dari 60 pos ukur orientasinya mirip dengan komponen mayor kelurusan regional.



Gambar 3 Profil longitudinal dan faktor gradien Cikapundung segmen Maribaya-Gandok (Tanuwijaya, 2016)

Pada Gambar-3 dapat dilihat profil longitudinal dan faktor gradien sungai segmen Maribaya-Gandok. Garis panah menunjukkan skema pengalihan debit pada Dam Bantar Awi (B), dimana sebagian dari debit ini dikembalikan lagi ke jalur sungai melalui tiga titik pengembalian. Berdasarkan profil debit yang diukur pada tanggal 10 September 2014 (Gambar-4), di titik B jalur sungai kehilangan seluruh debitnya karena air dialihkan melalui pipa ke instansi PLTA dan PDAM Dago Pakar. Debit muncul lagi secara bertahap, karena jalur sungai diisi oleh air tanah yang berasal

dari sejumlah mata air yang muncul pada dinding lembah. Segmen zona transfer mulai dari titik B hingga D pada musim kemarau hanya diisi oleh aliran air tanah. Mulai titik D debit meningkat secara cepat, karena jalur sungai menerima kembali debit yang telah digunakan oleh PLTA, dan mencapai puncaknya di daerah Tanggulan sebelum Dam Gandok (G). Mulai titik G hingga I terjadi anomali, dimana debit cenderung menurun padahal kondisi sungai bersifat *effluent*. Pada saat dilakukan pengukuran, debit yang hilang antara titik G dan I sebesar 208 liter/detik.

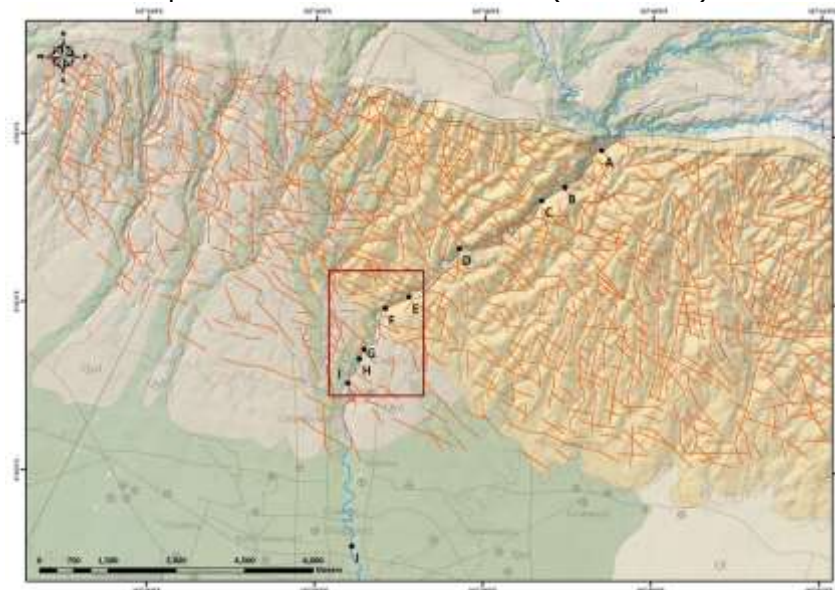


Gambar 4 Profil longitudinal debit Cikapundung segmen Maribaya-Gandok pada tanggal 10 September 2014.

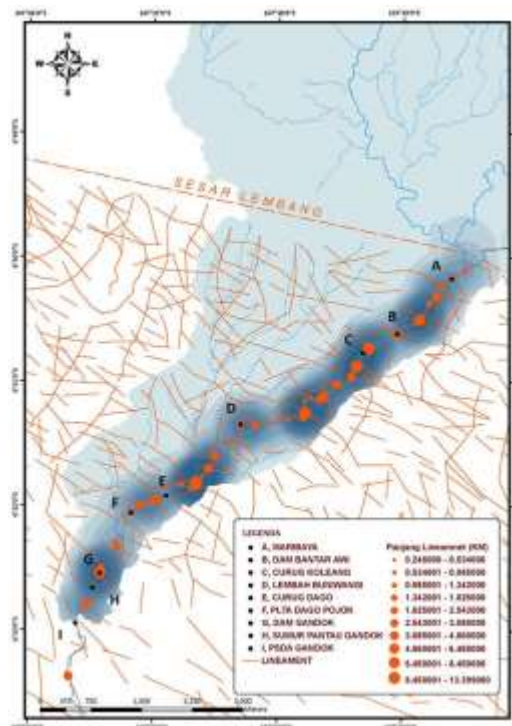
Berdasarkan profil gradien dapat diketahui segmen-segmen yang memiliki kemiringan topografi minimum. Semakin kecil gradiennya semakin lambat arusnya, sehingga semakin besar potensi infiltrasinya. Pola-pola mencuat menandai adanya perubahan-perubahan elevasi dasar sungai yang tajam. Kontras elevasi terbesar ditunjukkan oleh titik E (Curug Dago), dimana nilai ordinat menunjukkan ketinggian curug tersebut. Cuatan tajam titik G menyatakan perubahan elevasi sungai yang dibentuk oleh Dam Gandok. Tampak segmen G-H-I merupakan segmen yang paling landai. Didukung oleh adanya penurunan kurva profil debit pada segmen G-H-I, maka segmen ini memiliki potensi infiltrasi

yang terbesar diantara daerah Maribaya dan Gandok.

Berdasarkan peta trend kelurusan regional, segmen G-H-I juga merupakan segmen yang memiliki densitas dan bobot kelurusan yang besar (Gambar-6). Penekukan alur sungai, perubahan elevasi sungai di sekitar titik G yang dipotong oleh suatu kelurusan mayor, dan adanya longoran Formasi Cibeureum, menjadi penanda-penanda penting masuknya pengaruh tektonik. Segmen ini merupakan daerah kontak perlapisan antara Formasi Cibeureum dan Formasi Cikapundung. Litologi Formasi Cibeureum yang menindih Formasi Cikapundung secara umum memiliki konduktivitas hidraulik yang lebih besar (Gambar-5).



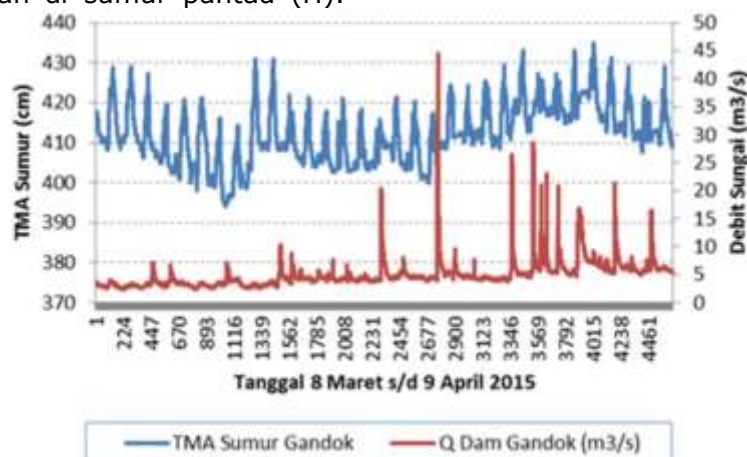
Gambar 5 Peta kelurusan bidang selatan Sesar Lembang diplot pada peta geologi KBU dan area hulu zona deposisi.



Gambar 6 Densitas (kontur biru) dan bobot kelurusan (titik-titik merah) yang memotong jalur sungai Cikapundung.

Untuk menguji adanya gejala imbuhan di segmen G-H-I, maka dilakukan analisis statistik terhadap deret waktu debit sungai yang terukur di Dam Gandok (G) dan deret waktu tinggi muka air tanah di sumur pantau (H).

Jarak sumur pantau dari tepi sungai sekitar 10 meter, dimana proses imbuhan *influent* terjadi ketika tinggi muka air sumur lebih rendah dari muka air sungai.



Gambar 7 Pola temporal muka air tanah (biru) dan debit Cikapundung (merah) periode 8 Maret sampai 9 April 2015

Gambar-7 memperlihatkan hubungan temporal antara muka air tanah dan debit sungai pada periode 8 Maret s/d 9 April 2015. Pada segmen yang bertipe *influent*, variasi pada debit sungai akan berpengaruh ke muka air tanah. Dasar sumur pantau berupa breksi vulkanik yang impermeabel,

sehingga proses imbuhan hanya terjadi melalui akifer Formasi Cibeureum. Karena kedua massa air terpisahkan oleh batuan akifer, maka respon muka air tanah terhadap variasi debit sungai memiliki keterlambatan tertentu. Kejadian hujan mengubah pola hidrograf

sungai, namun pengaruh hujan terhadap muka air tanah bervariasi dan tidak spontan. Terdapat faktor-faktor natural lain yang mempengaruhi variasi harian muka air tanah pada sumur pantau semi terbuka. Berdasarkan inspeksi terhadap pola temporal variabel-variabel iklim, terdapat hubungan invertif antara muka air tanah dan tekanan atmosfer. Berdasarkan hasil pengujian hipotesis yang diestimasi dengan menggunakan 6 persamaan model deret waktu GARCH (1,1) mengindikasikan bahwa variabel debit sungai memberikan pengaruh positif terhadap muka air tanah, baik pada saat diuji secara individual maupun pada saat dikontrol dengan variabel-variabel iklim. Hasil ini memberi dukungan empiris terhadap hipotesis penelitian bahwa pola temporal muka air tanah memang dipengaruhi oleh variasi debit sungai. Namun demikian, terdapat indikasi kelambanan respon setidaknya dalam rentang 8-10 jam. Tingkat R^2 dan Adj. R^2 variabel debit sungai sebesar 10.7% hingga 13.5% dengan nilai F-test signifikan pada level 1%. Ini mengindikasikan bahwa variasi total muka air tanah dapat dijelaskan oleh debit sungai. Saat terjadi hujan pengaruhnya meningkat dengan tambahan nilai R^2 dan Adj. R^2 sebesar 3.5%.

Hasil pengujian menggunakan variabel-variabel iklim memberikan dukungan empiris yang konsisten dengan hipotesis. Variabel tekanan permukaan dan kelembaban koefisiennya negatif, sedangkan variabel temperatur koefisiennya positif, masing-masing signifikan pada level 1%. Secara keseluruhan, variabel-variabel iklim memiliki R^2 dan Adj. R^2 sebesar 64.25%. Adapun pada pengujian secara bersama antara variabel debit dan variabel-variabel iklim, semua variabel memberikan hasil yang mendukung hipotesis, dengan R^2 dan Adj. R^2 mencapai 65%. Hasil ini mengindikasikan bahwa setidaknya 35% dari total variasi temporal muka air tanah ditentukan oleh faktor-faktor lain. Berdasarkan hasil pengujian yang distandardisasi, mengindikasikan

tekanan atmosfer sebagai faktor determinan yang paling berpengaruh terhadap variasi muka air tanah dengan koefisien -0.512; yang kedua adalah temperatur dan kelembaban dengan koefisien -0.226 dan -0.221; dan yang ketiga adalah debit sungai dengan koefisien 0.184. Hasil ini mengindikasikan bahwa variasi muka air tanah dipengaruhi oleh variasi debit sungai, artinya memang terjadi gejala anomali imbuhan *influent*. Namun, total variasi muka air tanah lebih banyak dijelaskan oleh faktor-faktor iklim daripada faktor debit sungai.

KESIMPULAN

Pada area hulu zona deposisi Cikapundung terjadi anomali imbuhan *influent*, yaitu pada segmen G-H-I yang memiliki gradien sungai terendah dan berdensitas kelurusan regional tinggi. Gejala ini terjadi khususnya pada musim kemarau, ketika level muka air tanah lebih rendah dari level muka air sungai.

Proses imbuhan debit sungai di segmen G-H-I zona deposisi terjadi melalui akifer Formasi Cibeureum, khususnya melalui celah kontak perlapisan antara Formasi Cibeureum dan Formasi Cikapundung.

Pola temporal muka air tanah pada sumur pantau di segmen G-H-I merespon kenaikan debit sungai secara tidak spontan (*delay*), dan dimodulasi kuat oleh pola tekanan atmosfer permukaan secara invertif.

DAFTAR PUSTAKA

- Healy, R.W. 2010. *Estimating Groundwater Recharge*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Puradimaja, D.J. and R.F. Lubis, 2006. Hydrodynamic relationships between groundwater and river water: Cikapundung river stream, West Java, Indonesia. *The Geological Society of London, IAEG-2006 Paper number 488*.
- Riyadi, D. 2013. Penyelidikan geologi lingkungan daerah resapan Bandung Utara, Provinsi Jawa Barat. *Prosiding Kolokium Hasil Kegiatan Tahun 2012*, Badan Geologi, 12 Desember.

- Silitonga, P.H. 2003. Peta Geologi Bersistem Indonesia, Lembar Bandung, Skala 1:100.000. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Tanuwijaya, Z.A.J., 2015. *Karakteristik Aliran dan Anomali Imbuhan pada Sistem Fluvial Cikapundung Utara, Bandung, Jawa Barat*. Bandung: Disertasi Doktor, Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran. Tidak dipublikasi.
- Tanuwijaya, Z.A.J., Hendarmawan, A. Sudradjat, dan W. Kuntjoro, 2016. Anomali imbuhan pada segmen zona transfer sistem fluvial Cikapundung, Jawa Barat. *Bulletin of Scientific Contributions*, vol 14 no 3 hal 295-302