



**ANOMALI IMBUHAN PADA SEGMENT ZONA TRANSFER SISTEM FLUVIAL CIKAPUNDUNG,  
JAWA BARAT**

**Zamzam A.J. Tanuwijaya<sup>1</sup>, Hendarmawan<sup>2</sup>, A. Sudradjat<sup>3</sup> dan W. Kuntjoro<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Program Studi Geodesi dan Geomatika, ITB, Bandung.

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Geologi Unpad, Bandung.

<sup>3</sup> Program Studi Teknik Geologi Unpad, Bandung.

<sup>4</sup> Program Studi Geodesi dan Geomatika, ITB, Bandung.

**ABSTRAK**

Terdapat indikasi adanya gejala kehilangan debit sungai yang bersifat alami (non-rekayasa) pada segmen zona transfer Cikapundung, yaitu pada jalur sungai antara daerah Maribaya dan Curug Dago. Karena segmen ini bersifat *effluent* (air tanah mengisi air sungai) maka gejala imbuhan yang terjadi pada segmen ini merupakan suatu anomali *influent* (air sungai mengisi air tanah). Bagian dasar sungai pada zona ini ditutupi oleh lapisan lava basal yang masif, sehingga proses imbuhan yang terjadi diduga melalui struktur rekahan batuan. Berdasarkan hasil pengujian statistik dapat disimpulkan bahwa pada zona transfer memang terjadi gejala anomali imbuhan, yaitu pada sub-segmen sungai yang bergradien rendah dan berdensitas kelurusan regional tinggi. Sub-segmen yang berdensitas kelurusan tinggi secara umum memiliki densitas rekahan batuan yang tinggi pula.

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

**ABSTRACT**

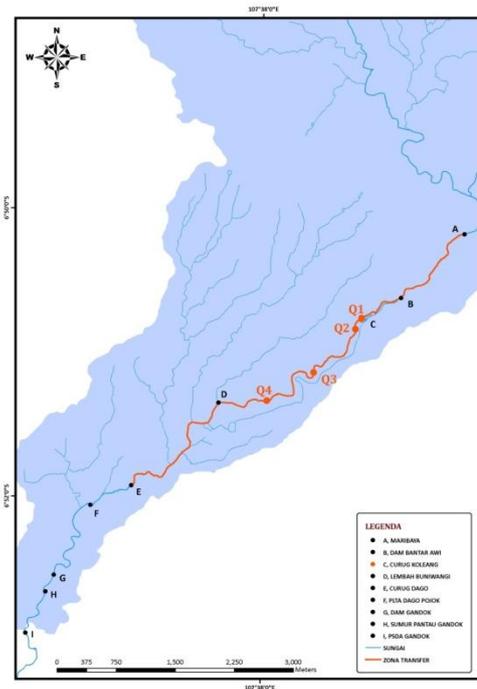
*There is an indication of a natural loss of discharge phenomenon within the zone transfer of Cikapundung which are located between Maribaya area and Curug Dago. Because this segment is effluent in nature, the symptom of recharge that happened in this segment is an anomaly. The river bed in this zone is covered by massive basalt layers. Therefore the recharge process that happened is through the fractured of basalt. The results of a statistical test conclude that in the transfer zone there is a recharge anomaly phenomenon which is in the sub-segment of the river which has both a low gradient and a high regional lineament density. In general, the sub-segment that is of a high lineament density also shows high fracture density.*

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

**PENDAHULUAN**

Sungai Cikapundung segmen Maribaya-Gandok mencakup zona transfer dan area hulu zona deposisi (Charlton, 2008). Zona transfer didefinisikan mulai dari *outlet* Maribaya hingga Curug Dago, dimana dasar sungai ditutup oleh lapisan basal. Sedangkan zona deposisi didefinisikan mulai dari Curug

Dago hingga ke Citarum, dimana sungai mengalir di atas landasan kipas aluvial dan endapan danau. Segmen Maribaya-Gandok bersifat *effluent*, ditandai oleh morfologi sungai berbentuk V dan adanya mata air yang berderet pada dinding lembah (Gambar-1). Oleh karena itu, gejala kehilangan debit secara *influent* pada segmen ini merupakan suatu anomali.



Gambar 1. Segmen zona transfer (merah) dan titik-titik pantau utama debit sungai Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub>, dan Q<sub>4</sub>.

Zona transfer mengalir di atas Blok Palasari. Batas utara blok ini membentuk gawir Sesar Lembang yang membentang barat-timur menghadap ke utara. Blok ini merupakan bagian dari bidang sesar, sehingga efek aktifitas tektonik sesar akan terjejak pada permukaan blok berupa retakan-retakan sistematis. Retakan-retakan ini menjadi zona-zona lemah yang secara kontinu dierosi air, menjadi jalur-jalur utama bagi pergerakan air tanah (Tanuwijaya, 2015). Batuan blok dikelompokkan ke dalam Formasi Cikapundung yang secara umum memiliki sifat meloloskan air rendah. Namun demikian, proses imbuhan pada formasi ini dapat terjadi melalui jalur-jalur retakan tersebut (Singhal and Gupta, 2010). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji apakah memang terjadi anomali imbuhan pada segmen zona transfer Cikapundung, dan untuk mengkaji sejauh mana retakan-retakan produk

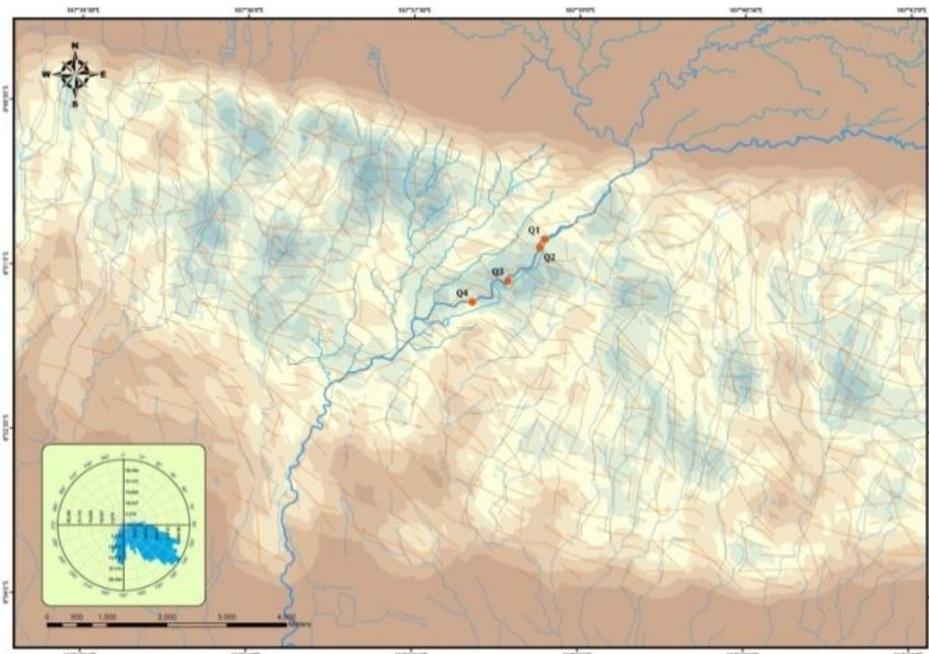
tektono-vulkanik berperan terhadap proses imbuhan yang terjadi.

### BAHAN DAN METODE PENELITIAN

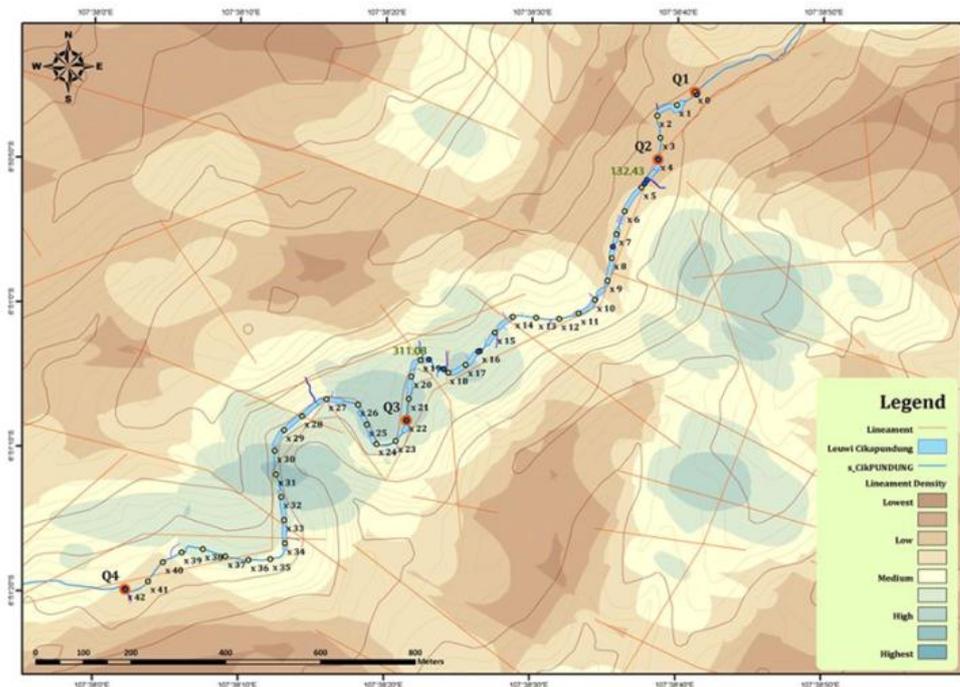
Proses imbuhan sangat dipengaruhi oleh kemiringan bidang resapan, maka dibuat profil longitudinal dan gradien sungai mulai dari Maribaya hingga ke Gandok. Untuk melihat pengaruh tektonik Sesar Lembang, dilakukan pengukuran densitas kekar pada 60 pos ukur. Berdasarkan peta densitas kelurusan regional, dipilih segmen yang mengandung variasi densitas tinggi. Segmen ini dibagi menjadi 42 sub-segmen, masing-masing panjangnya sekitar 50 m (Gambar-3). Pada setiap sub-segmen dilakukan pengambilan data debit sungai, debit mata air, densitas kelurusan, densitas kekar, morfologi sungai dan litologi batuan.

Tabel 1 Hasil pengujian hipotesis statistik (*Paired Sample T-Test*)

Observasi	N	Minimum	Maximum	Mean	t-test	Sig.
Kasus Pengukuran 16 Maret 2015 (N=43)						
Q <sub>1</sub>	43	170.00	202.00	181.665		
Q <sub>3</sub>	43	144.66	214.28	172.587		
Q <sub>4</sub>	43	334.00	422.23	371.821		
Q <sub>3</sub> – Q <sub>1</sub>	86	-47.32	29.28	-9.0785	-2.602	.013
Q <sub>4</sub> – Q <sub>3</sub>	86	-19.31	87.71	199.234	46.711	.000
ΔQ <sub>DR</sub>	43			0.8992		
ΔQ <sub>DT</sub>	43			0.5575		
ΔQ <sub>DT</sub> – ΔQ <sub>DR</sub>	86			-0.3417	-12.513	.000
Kasus Pengukuran 7 Maret 2015 (N=30)						
Q <sub>1</sub>	30	160.560	227.170	202.723		
Q <sub>3</sub>	30	70.680	154.250	124.020		
Q <sub>4</sub>	30	198.240	292.050	236.487		
Q <sub>3</sub> – Q <sub>1</sub>	60			-78.7033	-20.658	.000
Q <sub>4</sub> – Q <sub>3</sub>	60			112.467	24.268	.000
ΔQ <sub>DR</sub>	30			0.4631		
ΔQ <sub>DT</sub>	30			0.3574		
ΔQ <sub>DT</sub> – ΔQ <sub>DR</sub>	60			-0.1057	-3.183	.000



Gambar 2. Titik-titik pantau utama debit Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub>, Q<sub>4</sub> pada segmen sungai yang diuji. Densitas kelurusan regional per 500 m<sup>2</sup>.



Gambar 3. Segmen Q<sub>1</sub>-Q<sub>4</sub> ini dibagi menjadi 42 sub-segmen. Densitas kelurusan regional per 200 m<sup>2</sup>

Untuk mengukur signifikansi perbedaan debit yang melintas segmen dengan densitas kelurusan yang berbeda, digunakan 3 titik pengukuran debit yaitu Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, dan Q<sub>3</sub>. Segmen Q<sub>1</sub>-Q<sub>2</sub> adalah proksi segmen yang berdensitas kelurusan rendah, sedangkan segmen Q<sub>2</sub>-Q<sub>3</sub> adalah proksi segmen yang berdensitas kelurusan tinggi. Desain pengujian hipotesisnya sebagai berikut:

$H_1$  : Sungai yang melalui segmen yang dipotong oleh suatu kelurusan regional debitnya akan lebih kecil daripada sebelum melalui segmen tersebut.

$$Q_2 < Q_1$$

$$Q_3 < Q_2$$

$H_2$  : Laju pertambahan debit pada segmen yang berdensitas kelurusan regional tinggi akan lebih kecil daripada laju pertambahan debit pada segmen yang berdensitas kelurusan rendah.

$$\frac{\Delta Q_{DT}}{Q_2} < \frac{\Delta Q_{DR}}{Q_1}$$

$$\left( \frac{Q_3 - Q_2}{Q_2} \right) < \left( \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1} \right)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

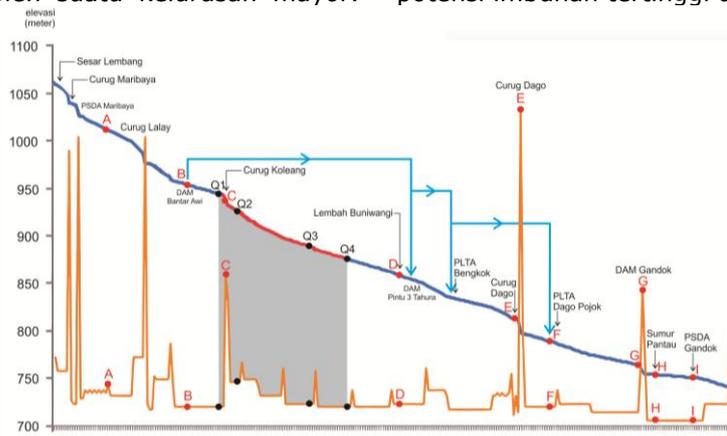
Segmen Q<sub>1</sub>-Q<sub>4</sub> memiliki variasi densitas kelurusan tertinggi di zona transfer sehingga cukup ideal untuk menguji pengaruh rekahan terhadap debit sungai. Panjang segmen Q<sub>1</sub>-Q<sub>4</sub> adalah 2137.48 m, terdiri dari Q<sub>1</sub>-Q<sub>2</sub> (221.68 m), Q<sub>2</sub>-Q<sub>3</sub> (871.80 m), dan Q<sub>3</sub>-Q<sub>4</sub> (1044 m). Diagram roset memperlihatkan adanya dua komponen tektonik, komponen

mayor dan minor (Gambar-2). Komponen mayor mencerminkan pengaruh tektonisme sesar sebagai sumber tektonik utama, memiliki orientasi timur-barat mengikuti pola tektonik Jawa. Adapun komponen minor memiliki orientasi utara-selatan, mengikuti pola tektonik Sunda. Densitas kelurusan segmen Q<sub>3</sub>-Q<sub>4</sub> lebih tinggi daripada segmen Q<sub>1</sub>-Q<sub>3</sub>, sehingga segmen Q<sub>3</sub>-Q<sub>4</sub> memiliki potensi resapan yang lebih besar daripada segmen Q<sub>1</sub>-Q<sub>3</sub>.

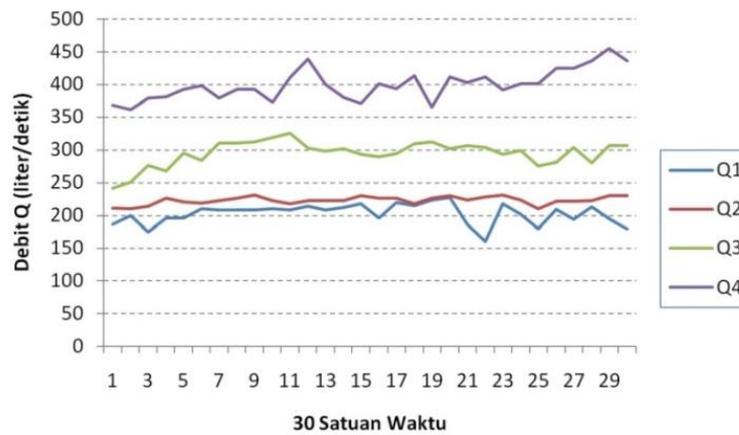
Zona transfer memiliki banyak *leuwi* (ceruk) yang terbentuk akibat adanya depresi pada dasar sungai. Pada area-area *leuwi* kelajuan arus sungai melambat, sehingga potensi imbuhanannya besar. Segmen sungai yang diuji adalah segmen yang debit airnya telah dialihkan oleh instansi PLTA dan PDAM, sehingga pada musim kemarau segmen ini hanya diisi oleh debit air tanah. Beberapa air terjun pada segmen Q<sub>1</sub>-Q<sub>4</sub> ditandai oleh cuatan-cuatan tajam pada grafik profil gradien (Gambar-4). Untuk melihat pengaruh densitas retakan terhadap pola aliran, dilakukan pengambilan data debit, pada 7 Maret 2015 (30 sampel) dan 16 Maret 2015 (43 sampel). Hasil observasi pertama memperlihatkan adanya pola trend naik pada durasi ukur sekitar lima jam (Gambar-5), sedangkan hasil observasi kedua memperlihatkan pola trend menurun pada durasi ukur sekitar tiga jam (Gambar-6). Segmen sungai yang paling landai terletak di antara sub-segmen 29 dan 41. Pada profil gradien, bagian awal dari sub-segmen 29 ditandai oleh suatu cuatan, menyatakan

adanya air terjun lava di tengah-tengah *gorge* (Gambar-7). Area *gorge* adalah sub-segmen yang memiliki nilai densitas retakan tertinggi dan dipotong oleh suatu kelurusan mayor.

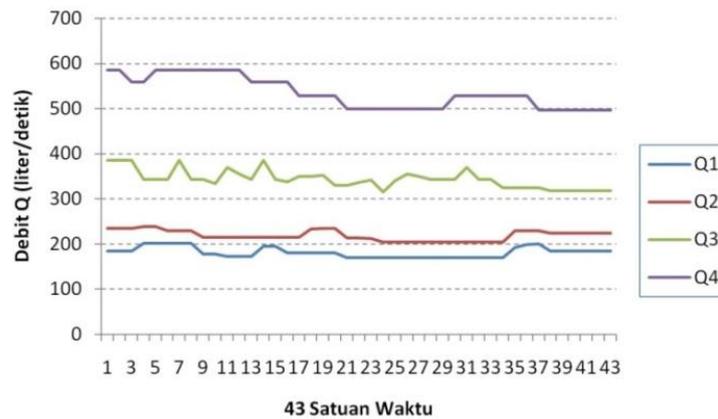
Kombinasi antara gradien terendah dan densitas retakan tertinggi menjadikan sub-segmen ini sebagai area yang memiliki potensi imbuan tertinggi di zona transfer.



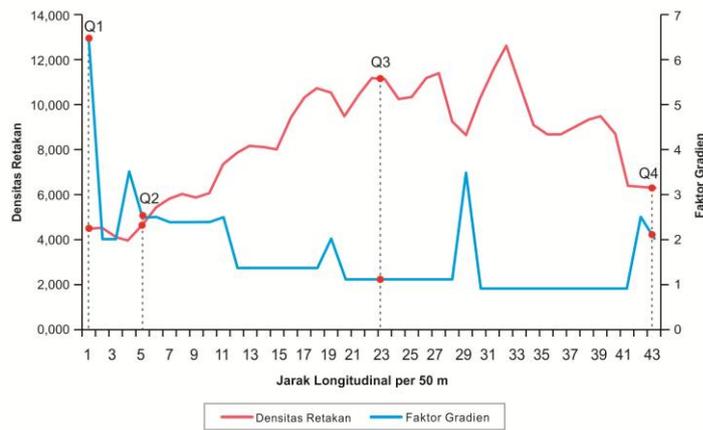
Gambar 4. Plot titik-titik pantau debit  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$ ,  $Q_4$  pada profil longitudinal dan faktor gradien kemiringan sungai.



Gambar 5. Hasil pengukuran debit sungai pada 7 Maret 2015.



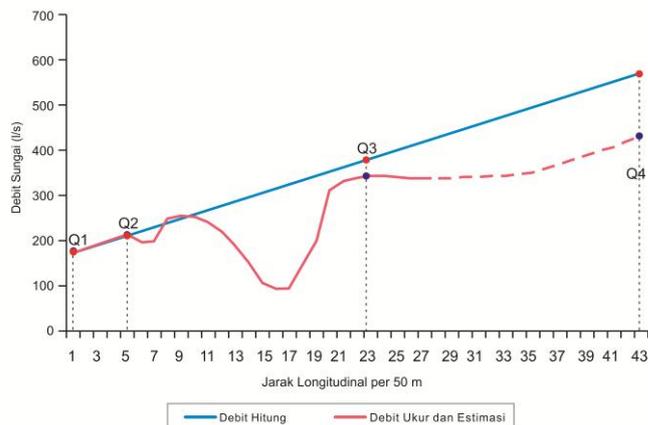
Gambar 6. Hasil pengukuran debit sungai pada 16 Maret 2015.



Gambar 7. Grafik faktor gradien dan densitas kelurusan regional pada segmen Q<sub>1</sub>-Q<sub>4</sub>.

Dengan memasukkan faktor air tanah, diperoleh profil debit segmen Q<sub>1</sub>-Q<sub>4</sub> (Gambar-8). Debit q<sub>1</sub> hingga q<sub>28</sub> merupakan hasil pengukuran, sedangkan debit q<sub>29</sub> hingga q<sub>42</sub> merupakan hasil estimasi. Debit q<sub>43</sub> identik dengan Q<sub>4</sub>, nilainya digunakan untuk mengestimasi debit-debit antara q<sub>29</sub> dan q<sub>42</sub>. Debit aktual pada sub-segmen q<sub>29</sub>-q<sub>42</sub> sangat sulit diukur, karena dasar sungai sudah diisi

oleh endapan-endapan pasir dan rempah-rempah piroklastik yang tebal. Endapan-endapan yang terbentuk pada sub-segmen ini disebabkan oleh faktor gradien sungai yang rendah. Garis biru menyatakan pertambahan debit yang dihitung secara estimasi berdasarkan nilai-nilai pengukuran Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub>, dan Q<sub>4</sub>.



Gambar 8. Profil debit terukur (merah), debit estimasi (merah putus-putus), dan debit hitung (garis biru) segmen Q<sub>1</sub>-Q<sub>4</sub>.

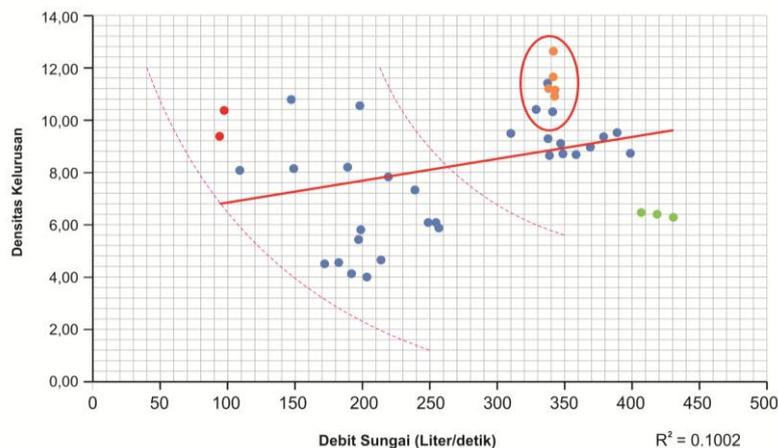
Densitas kelurusan regional dapat mencerminkan densitas retakan regional. Untuk melihat efek densitas retakan terhadap debit sungai, maka segmen Q<sub>1</sub>-Q<sub>4</sub> dibagi menjadi dua, yaitu segmen Q<sub>1</sub>-Q<sub>3</sub> dan segmen Q<sub>3</sub>-Q<sub>4</sub>. Masing-masing memiliki panjang 1093.48 m dan 1044 m. Segmen Q<sub>3</sub>-Q<sub>4</sub> memiliki densitas retakan lebih tinggi dari Q<sub>1</sub>-Q<sub>3</sub>, selain itu segmen Q<sub>3</sub>-Q<sub>4</sub> juga memiliki gradien sungai yang lebih landai (Gambar-7). Ini menjadi indikasi bahwa segmen Q<sub>3</sub>-Q<sub>4</sub> memiliki potensi mengimbuhkan debit lebih besar daripada segmen Q<sub>1</sub>-Q<sub>3</sub>. Berdasarkan metode analitik, telah terbukti bahwa segmen Q<sub>3</sub>-Q<sub>4</sub> meresapkan debit lebih besar dari Q<sub>1</sub>-Q<sub>3</sub> (Tanuwijaya, 2015).

Garis trend pada grafik diagram pencar secara umum menunjukkan bahwa semakin

tinggi densitas kelurusan maka semakin besar debitnya (Gambar-9), hal ini sesuai dengan sifat zona transfer yang bertipe *effluent*. Titik-titik merah menyatakan gejala anomali *influent* pada segmen sungai yang bertipe *effluent*. Indikasi adanya gejala imbuhan tercermin pada kurva putus-putus yang menurun secara eksponensial, menyatakan hubungan terbalik antara debit dan densitas retakan. Titik-titik hijau menyatakan debit besar pada sub-segmen berdensitas kelurusan sedang, artinya tidak terjadi peristiwa imbuhan yang efektif, lokasinya dekat titik ukur terakhir Q<sub>4</sub>. Titik-titik kuning menyatakan debit yang cukup besar pada sub-segmen yang berdensitas retakan tertinggi, yaitu di area *gorge* (sub-segmen 31. Pada area ini terdapat leuwu yang

diisi oleh air tanah dengan debit cukup besar, sekitar 50-70 liter/detik. Suatu rekahan bisa berperan sebagai celah pensuplai air tanah (*effluent*), atau sebagai celah yang justru

menginfiltrasikan air sungai (*influent*). Salah satu kelurusan yang memotong area *gorge* berperan sebagai celah pensuplai air tanah.



Gambar 9. Diagram pencar antara debit sungai dan densitas kelurusan pada segmen Q<sub>1</sub>-Q<sub>4</sub> zona transfer.

Gejala anomali imbuhan dievaluasi melalui tiga titik pantau, yaitu Q<sub>1</sub>, Q<sub>3</sub>, dan Q<sub>4</sub>. Segmen yang dievaluasi ada dua, segmen Q<sub>1</sub>-Q<sub>3</sub> dan segmen Q<sub>3</sub>-Q<sub>4</sub>. Segmen Q<sub>1</sub>-Q<sub>3</sub> adalah segmen yang berdensitas kelurusan rendah, dan segmen Q<sub>3</sub>-Q<sub>4</sub> adalah segmen yang berdensitas kelurusan tinggi. Hasil-hasil pengujian secara statistik dapat dilihat pada Tabel-1. Untuk kasus 16 Maret 2015, debit rata-rata pada titik Q<sub>1</sub>, Q<sub>3</sub>, dan Q<sub>4</sub> masing-masing sebesar 181.67, 172.59, dan 371.82 liter/detik. Beda debit rata-rata antara Q<sub>3</sub> dan Q<sub>1</sub> sebesar -9,0785 liter/detik. Nilai negatif mengindikasikan terjadinya kehilangan debit pada sub-segmen yang dipotong oleh suatu kelurusan regional. Pada kasus 7 Maret 2015, beda debitnya lebih besar, yaitu -78,7033 liter/detik. Adapun beda debit rata-rata antara Q<sub>4</sub> dan Q<sub>3</sub> pada 16 Maret 2015 dan 7 Maret 2015 masing-masing 199.23 liter/detik, dan 112.47 liter/detik. Karena nilainya positif, maka kesimpulannya berbeda dengan hasil pengujian pada segmen Q<sub>1</sub>-Q<sub>3</sub>. Pada segmen Q<sub>3</sub>-Q<sub>4</sub> terdapat indikasi adanya air yang masuk secara *effluent* ditambah akumulasi debit yang datang dari Q<sub>3</sub>. Untuk mengatasi penambahan debit, maka dilakukan proses standarisasi dengan menggunakan laju pertambahan relatif. Untuk kasus 16 Maret 2015, laju pertambahan debit pada segmen Q<sub>1</sub>-Q<sub>3</sub> ( $\Delta Q_{DR}$ ) sebesar 0,8992 liter/detik, dan pada segmen Q<sub>3</sub>-Q<sub>4</sub> ( $\Delta Q_{DT}$ ) sebesar 0,5575 liter/detik. Laju pertambahan debit pada segmen yang berdensitas kelurusan tinggi lebih kecil dibandingkan segmen yang berdensitas kelurusan rendah. Selisih laju pertambahan debit antara kedua segmen tersebut ( $\Delta Q_{DT} - \Delta Q_{DR}$ ) sebesar -0,3417

liter/detik. Hal yang sama terjadi pada 7 Maret 2015 yaitu sebesar -0.1057 liter/detik. Nilai negatif menunjukkan bahwa debit yang hilang di segmen berdensitas kelurusan tinggi lebih besar daripada di segmen berdensitas kelurusan rendah.

Berdasarkan Tabel-1, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan signifikan pada level 1% antara debit sungai sebelum dan sesudah melalui suatu kelurusan. Nilai t-test adalah -2.602 untuk kasus 16 Maret 2015 dan -20.658 untuk kasus 7 Maret 2015. Debit di Q<sub>3</sub> secara signifikan lebih kecil daripada di Q<sub>1</sub>. Hasil ini mengindikasikan terjadi kehilangan debit pada segmen Q<sub>1</sub>-Q<sub>3</sub>. Adapun pada segmen Q<sub>3</sub>-Q<sub>4</sub>, hasil pengujian menghasilkan angka t-test 46.711 untuk kasus 16 Maret 2015 dan 24.268 untuk kasus 7 Maret 2015. Hasil ini memberi indikasi bahwa debit di Q<sub>4</sub> lebih besar daripada di Q<sub>3</sub>. Hasil yang tampak kontradiktif ini lebih disebabkan oleh kesulitan dalam mengontrol sistem air yang masuk ke segmen Q<sub>3</sub>-Q<sub>4</sub>, sehingga debit yang terukur di Q<sub>4</sub> tidak sepenuhnya steril dari pengaruh debit input yang berasal dari mata air.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian statistik pada segmen Q<sub>1</sub>-Q<sub>4</sub>, terbukti bahwa zona transfer memiliki area anomali imbuhan *influent*. Gejala anomali imbuhan pada zona transfer terjadi pada segmen yang bergradien rendah, berdensitas kelurusan regional tinggi, dan berdensitas rekahan basal tinggi. Segmen yang berdensitas kelurusan tinggi mampu mengimbuhan air lebih banyak daripada segmen yang berdensitas kelurusan rendah. Retakan-retakan transversal yang memotong

jalur sungai merupakan zona-zona lemah, tempat pengeluaran air tanah pada gejala *effluent*, atau tempat imbuan pada gejala anomali *influent*.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Charlton, R., 2008. *Fundamentals of Fluvial Geomorphology*. New York: Routledge.

Healy, R.W. 2010. *Estimating Groundwater Recharge*. Cambridge: Cambridge University Press.

Singhal, B.B.S. and R.P. Gupta, 2010. *Applied Hydrogeology of Fractured Rocks, Second Edition*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

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.