

Perencanaan sumur filtrasi bantaran sungai dengan uji pemompaan

Riverbanks filtration wells plan with pumping test

Wahyu Gendam Prakoso¹, Roh Santoso B W², dan Meiske Widyarti²

¹Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Gedung Andi Hakim Nasution
Kampus IPB Darmaga Bogor, 16680

²Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Gedung Fateta
Kampus IPB Darmaga Bogor, 16680

ABSTRAK

Filtrasi bantaran sungai digunakan untuk memperbaiki kualitas air sungai sebagai sumber air bersih. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik geologi dan hidrogeologi tapak filtrasi tebing sungai, mengukur penurunan muka air tanah sumur akibat pemompaan pada bantaran sungai, memperkirakan jari-jari pengaruh sumur sebagai parameter utama dalam perencanaan sumur produksi dengan filtrasi tebing sungai. Lokasi uji pemompaan yang terletak di bantaran sungai Cihideung sesuai untuk pembangunan sumur filtrasi tebing sungai dengan memiliki nilai konduktivitas hidraulik berkisar 2,5 – 4,32 m/hari. Jari-jari pengaruh sumur sekitar 45 m. Metode Thiem dan aplikasi Akuifer Test Versi 4.2 memberikan hasil yang baik dalam menduga nilai konduktivitas hidraulik pada lokasi penelitian. Nilai jari-jari pengaruh sumur paling tepat diperoleh dengan menggunakan metode ketakseimbangan dan MLU 2.5.

Kata kunci: filtrasi bantaran sungai, uji pemompaan, konduktivitas hidraulik, jari-jari pengaruh sumur

ABSTRACT

Riverbank filtration is used to improve river water quality as drinking water source. This study aims to analyze geological, and hydrogeological characteristic of riverbank filtration site, measuring drawdown characteristic of pumping well on the riverbank, determine well radius of influence as the key parameter on the design of production well with riverbank filtration. Pumping site located at the riverbank of Cihideung river is suitable as riverbank filtration site with hydraulic conductivity 2.5 – 4.32 m/day. Well radius of influence is around 45 m. Thiem method and Akuifer test 4.2 are giving satisfied result on estimating value of hydraulic conductivity. Best value of well radius of influence given by MLU 2.5 and non equilibrium method.

Keywords: riverbank filtration, pumping test, hydraulic conductivity, radius of influence

PENDAHULUAN

Statistik air bersih Badan Pusat Statistik tahun 2005-2009 menunjukkan bahwa kuantitas pe-

nyediaan air bersih terus meningkat dari tahun ke tahun. Meskipun demikian hal ini belum mencukupi untuk memasok kebutuhan pen-

Naskah diterima 4 Maret 2014, selesai direvisi 24 Maret 2014
Korespondensi, email: wahyu.prakoso@gmail.com

duduk, terutama di kota-kota besar sebagai dampak urbanisasi dan aktivitas ekonomi yang meningkat secara signifikan.

Kualitas air bersih merupakan salah satu aspek yang semakin mendapat perhatian dalam konteks pengelolaan sumber daya air. Dalam upaya untuk mencapai standar baku mutu air bersih, persoalan yang dihadapi umumnya adalah biaya pokok produksi. Sanim (2011) menyampaikan bahwa pada kurun waktu 1999 – 2009 telah terjadi kecenderungan peningkatan penggunaan air sungai sebagai bahan baku air bersih. Sungai sebagai sumber air bersih menghadapi konflik kepentingan mengingat sungai juga digunakan sebagai tempat pembuangan limbah baik limbah domestik maupun limbah industri. Kondisi tersebut semakin diperparah dengan terjadinya degradasi hutan dan lahan yang ikut berkontribusi terhadap menurunnya kualitas air sungai.

Riverbank filtration merupakan salah satu teknik eksploitasi air tanah yang telah dikenal luas khususnya di Eropa dan Amerika. Penerapan *riverbank filtration* pada unit *water treatment plant* diharapkan mampu memperbaiki kualitas air baku sehingga menurunkan biaya produksi unit pengolah air bersih. Pada kondisi geohidrologis tertentu *riverbank filtration* dapat menggantikan *water treatment plant* dengan menghasilkan air bersih yang memenuhi standar baku mutu baik secara fisika, kimia, maupun biologis (Ray *et al.*, 2003).

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki karakteristik geologi, dan hidrogeologi *site riverbank filtration*, menyelidiki karakteristik penurunan muka air tanah (kurva penurunan muka air tanah) akibat pemompaan pada su-

mur di bantaran sungai, menganalisis jari-jari pengaruh (*radius of influence*) sumur berdasarkan karakteristik penurunan muka air tanah akibat pemompaan pada sumur di bantaran sungai untuk perencanaan sumur filtrasi tebing sungai (*riverbank filtration*).

Ruang lingkup penelitian ini adalah penyelidikan geologi dan hidrogeologi regional, penyelidikan geofisika bawah permukaan, pembuatan sumur uji dan sumur pengamatan, uji pemompaan, analisis karakteristik hidrogeologi, serta analisis jari-jari pengaruh sumur untuk perencanaan sumur filtrasi tebing sungai (*riverbank filtration*).

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium lapangan Leuwikopo di Kampus IPB Darmaga Bogor yang terletak di tepi sungai Cihideung. Penelitian dilakukan sejak bulan Maret 2013 sampai dengan bulan November 2013.

Metode Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan adalah data primer dan data sekunder. Data sekunder meliputi peta geologi regional, peta hidrogeologi regional, dan peta potensi air tanah yang diperoleh dari instansi terkait yakni Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kementerian ESDM dan Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum. Data primer diperoleh dengan pengeboran, uji pemompaan sumur, pengukuran topografi, penyelidikan geofisika bawah permukaan dengan metode geolistrik dan pengukuran tinggi muka air tanah.

Metode Pengolahan Data

Analisis Geologi dan Hidrogeologi Regional

Koordinat lokasi penelitian di plot ke dalam peta geologi dan hidrogeologi regional sehingga dapat diperoleh informasi mengenai geologi penyusun akuifer dan sistem hidrogeologinya.

Analisis Geofisika Bawah Permukaan

Analisis geofisika bawah permukaan dilakukan dengan melakukan penafsiran data geolistrik yang diperoleh dari 4 titik pengambilan data geolistrik pada lokasi rencana sumur di bantaran sungai Cihideung. Penafsiran data geolistrik menggunakan software inversi IP2WIN.

Analisis Uji Pemompaan

Analisis uji pemompaan sumur untuk mengetahui karakteristik hidrogeologi akuifer meliputi arah aliran air tanah dan pengisian sumur dominan, dan nilai konduktivitas hidraulik material akuifer menggunakan beberapa metode. Metode yang dipergunakan untuk mengetahui arah aliran air tanah dominan adalah dengan perbandingan kurva penurunan muka air tanah sumur pengamatan. Metode pendugaan nilai konduktivitas hidrolika akuifer yang dipergunakan adalah metode thiem (Todd dan Mays, 2005), metode sumur dataran banjir, software aquifer tes 4.2 (Schlumberger Inc, 2011), dan analisis jari-jari pengaruh (*radius of influence*).

Metode Thiem (Todd dan Mays, 2005)

$$K = \frac{0,737Q}{(h_1 + h_2)(S_1 + S_2)} \log \frac{r_1}{r_2} \dots\dots\dots(1)$$

dengan:

- K : konduktivitas Hidraulik
- Q : debit pemompaan
- s : penurunan muka air tanah pada sumur
- h : tinggi permukaan lapisan keadap air sampai dengan muka air tanah dalam sumur
- r : jari-jari sumur

Metode Water Collecting Basin (Sosrodarsono dan Takeda, 2006)

$$Q = 4KSr_w \dots\dots\dots(2)$$

dengan:

- Q : debit pemompaan
- K : konduktivitas hidraulik
- s : besar penurunan muka air tanah
- r_w : jari-jari sumur

Metode Sumur Dataran Banjir (Sosrodarsono dan Takeda, 2006)

$$Q = \frac{1,36K(H^2 - h^2)}{\log \frac{2d}{r_w}} \dots\dots\dots(3)$$

dengan:

- K : konduktivitas Hidraulik
- Q : debit pemompaan
- D : jarak sumur ke sungai
- H : tebal akuifer
- h : tinggi permukaan lapisan keadap air sampai dengan muka air tanah dalam sumur pada saat pemompaan
- rw : jari-jari sumur

Software Aquifer Test 4.2 (Schlumberger Inc, 2011)

Berdasarkan hasil uji pemompaan dilakukan pendugaan nilai konduktivitas hidrolika material akuifer dengan menggunakan metode Neuman untuk akuifer tidak tertekan.

Analisis Material Akuifer

Material akuifer hasil pemboran diamati dengan pengayakan untuk memperoleh nilai konduktivitas hidrolika berdasarkan nilai referensi konduktivitas hidrolika hasil uji laboratorium (Morris dan Jhonson, 1967). Nilai konduktivitas hidrolika material akuifer referensi tersebut digunakan untuk mengkonfirmasi nilai konduktivitas hidrolika material akuifer hasil perhitungan metode Thiem, *water collecting basin*, sumur dataran banjir dan software Akuifer Test 4.2

Analisis Jari-jari Pengaruh (radius of influence)

Jari-jari pengaruh sumur ditentukan dengan menggunakan metode:

- a. Metode Forchheimer (Todd dan Mays, 2005) dan (Sosrodarsono dan Takeda, 2006)

$$Q = \frac{1,36K}{\log \frac{R}{r_w}} \frac{H^2 - h^2}{\left(\frac{h}{h_s + 0,5r_w}\right)^{0,5} \left(\frac{h}{h - h_s}\right)^{0,25}} \dots\dots\dots(4)$$

dengan:

- R : jari-jari lingkaran pengaruh sumur
- Q : debit pemompaan
- K : konduktivitas hidrolik
- H : tebal akuifer
- h : kedalaman air dari muka air tanah pada sumur yang dipompa ke lapisan kedap air
- hs : kedalaman air tanah pada sumur yang dipompa.

- b. Metode Ketakseimbangan (Todd dan Mays, 2005) dan (Sosrodarsono dan Takeda, 2006)

dengan:

$$R = \sqrt{4\mu T \frac{t}{S}} \dots\dots\dots(5)$$

$$W(\mu) = \left(4\pi \frac{T}{Q}\right) S$$

- R : jari-jari lingkaran pengaruh sumur
- T : Transmisivitas akuifer
- t : waktu pemompaan
- S : koefisien penyimpanan
- μ : diperoleh dari kurva dan tabel Hubungan $W(\mu) - \mu$

- c. Metode Grafis

Grafik penurunan muka air tanah maksimum pada sumur uji, dan sumur pengamatan dianalisis dengan menggunakan aplikasi Graph versi 4.3 untuk dicari perpotongannya dengan sumbu X (permukaan tanah). Asumsi permukaan tanah datar.

- d. Software MLU 2.5 (IHE –Delft, 2012)

Data penurunan muka air tanah sepanjang uji pemompaan pada sumur uji dan sumur pengamatan serta data karakteristik hidrogeologi akuifer dianalisis menggunakan Software MLU 2.5 untuk menentukan nilai jari-jari pengaruh sumurnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geologi dan Hidrogeologi Regional

Berdasarkan plotting lokasi penelitian pada Peta Hidrogeologi Indonesia (skala 1:100.000) Lembar Bogor (No. Lembar Peta : 1209 - 1 Bo-

gor) yang diterbitkan oleh Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Direktorat Jenderal Geologi dan Sumberdaya Mineral, Departemen Pertambangan dan Energi tahun 1995 (Takhmat *et al.*, 1995) dan Peta Potensi Air Tanah yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum (2002), akuifer batuan dasar di lokasi penelitian penyebarannya terutama menempati daerah endapan kipas aluvial dan tuff batu apung produk vulkanik Gunung Salak. Jenis batuan yang dapat bertindak sebagai akuifer terutama adalah batuan epiklastik berupa endapan kipas aluvial dan tuff batu apung yang berumur Kuartar.

Sistem air tanah dangkal di sekitar lokasi penelitian dijumpai pada kedalaman 5 – 20 m bmt. Sistem akuifernya terdiri atas lapisan breksi, tufa pasir, dan batu pasir tufa. Berdasarkan pengamatan pada sumur gali yang terdapat di sekitar wilayah penelitian, umumnya kedalaman sumur gali berkisar antara 5 – 15 m bmt tergantung pada topografi lokasi sumur. Sumur gali yang dibuat di lokasi penelitian pada bantaran Sungai Cihideung memiliki kedalaman 2 m bmt, lebih dangkal dibandingkan dengan sumur gali pada umumnya di sekitar wilayah penelitian karena pengaruh tinggi muka air sungai.

Sistem air tanah dalam pada wilayah penelitian tersusun atas batuan vulkanik endapan kuartar seperti breksi, pasir tufa dan batuan sedimen dari Formasi Bojong Manik. Jenis akuifer yang dijumpai adalah akuifer bebas (tidak tertekan), semi tertekan dan akuifer tertekan.

Berdasarkan kondisi hidrogeologinya, wilayah penelitian termasuk ke dalam tipologi akuifer endapan gunung api/vulkanik. Secara umum

akuifer endapan vulkanik di wilayah penelitian merupakan akuifer dengan sistem aliran melalui media pori (akuifer primer). Berdasarkan Peta Hidrogeologi regional, wilayah penelitian termasuk kedalam wilayah dengan produktivitas akuifer rendah-sedang.

Geofisika Bawah Permukaan

Berdasarkan pemetaan geologi bawah permukaan dengan penyelidikan geofisika metode geolistrik yang telah dilakukan di lokasi penelitian sebanyak 4 titik pengamatan (GL 1, GL 2, GL 3, dan GL 4) dapat diketahui jenis akuifer yang terdapat di lokasi penelitian dengan nilai resistivitas antara 12,77 – 50,50 μm . Lapisan akuifernya adalah batuan vulkanik berupa batu pasir tufa, batu pasir kasar, lempung pasir, dan breksi. Hasil penafsiran lapisan akuifer di lokasi penelitian secara lengkap disajikan pada Tabel 1.

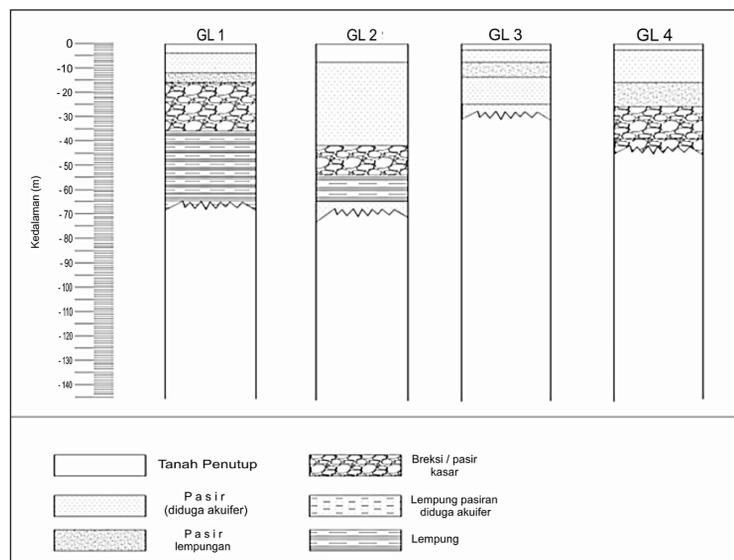
Model log bor penafsiran lapisan akuifer di lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.

Konstruksi Sumur

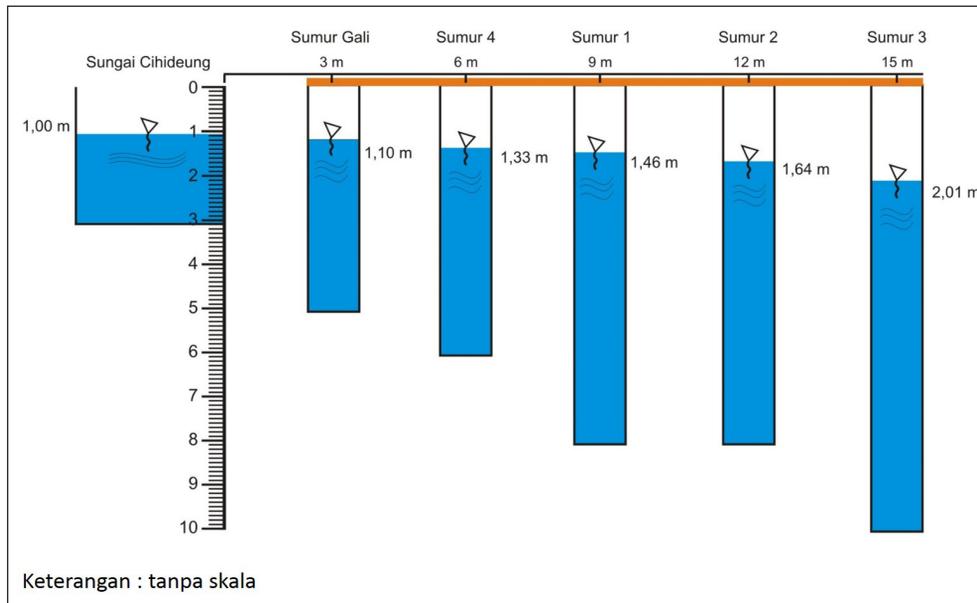
Tata letak sumur dibuat dengan mempertimbangkan hasil penafsiran geolistrik dan pemboran pendahuluan (Gambar 2). Jarak antar sumur adalah 3 m, sehingga sumur 4 yang merupakan sumur terjauh dari sungai berjarak 15 m. Pertimbangan ini didasarkan pada jenis dan ketebalan akuifer yang terdapat di lokasi penelitian yang berpotensi memiliki jari-jari pengaruh (*radius of influence*) sumur relatif pendek. Sumur yang dibuat terdiri dari 4 sumur bor dan 1 sumur gali. Kedalaman sumur bor adalah 6 – 10 m bmt, sedangkan kedalaman sumur gali adalah 5 m bmt.

Tabel 1. Hasil Penafsiran lapisan Akuifer berdasarkan Data Geolistrik

No	Titik Pendugaan Geolistrik	Kedalaman (m)			Penafsiran Litolog
1	GL 1	0	-	3	Tanah penutup
		3	-	13	Pasir (diduga akuifer bebas)
		13	-	15,45	Lempung pasiran
		15,5	-	30,20	Breksi/batu breksi kasar
		30,2	-	∞	Lempung
2	GL 2	0	-	8	Tanah penutup
		8	-	40,11	Pasir (diduga akuifer bebas)
		40,1	-	50	Breksi/batu breksi kasar
		50	-	58,99	Lempung
		59	-	∞	Lempung pasiran (diduga lap. Akuifer dalam)
3	GL 3	0	-	2	Tanah penutup
		2	-	6,24	Pasir (diduga akuifer bebas)
		6,24	-	9,87	Pasir lempungan
		9,87	-	∞	Pasir (diduga akuifer bebas)
4	GL 4	0	-	2	Tanah penutup
		2	-	13,48	Pasir (diduga akuifer bebas)
		13,5	-	27	Pasir lempungan
		27	-	∞	Breksi/batu breksi kasar



Gambar 1. Model log bor hasil penafsiran data geolistrik.



Gambar 2. Tata Letak Sumur di Lokasi Penelitian.

Arah Aliran Air Tanah dan Imbuhan Dominan

Pada sumur filtrasi tebing sungai (*riverbank filtration*) imbuhan dominan diperoleh dari air sungai meskipun juga terdapat imbuhan dari akuifer air tanah sekitarnya. Pendugaan imbuhan dominan dilakukan dengan cara membandingkan kurva penurunan dan kurva imbuhan sumur dari uji pemompaan pada sumur yang terletak dalam satu garis lurus memotong tegak lurus aliran sungai. Dalam penelitian ini yang diperbandingkan adalah sumur pengamatan 1 (obs 1 well 2) dan sumur pengamatan 3 (obs 3 well 4) yang memiliki jarak radial yang sama terhadap sumur uji (*pumping well*) (Gambar 3). Perbandingan kurva ini memperlihatkan bahwa besaran penurunan muka air pada sumur pengamatan 3 (obs 3 well 4) selama pemompaan lebih besar yakni mencapai 1,04 m dari static water level, sedangkan pada sumur pengamatan

1 (obs 1 well 2) besaran penurunan tinggi muka air yang terjadi sebesar 0,23 m dari muka air tanah statis. Kurva imbuhan sumur pengamatan 3 (obs 3 well 4) memiliki respon imbuhan yang lebih cepat daripada sumur pengamatan 1 (obs 1 well 2). Hal tersebut menunjukkan bahwa sumur uji mendapatkan lebih besar air dari sungai dibandingkan dari akuifer air tanah disekitarnya karena kurva penurunan muka airtanah dan kurva imbuhan sumur pengamatan 3 (obs 3 well 4) dalam jarak radial yang sama terhadap sumur uji (lebih dekat ke arah sungai) lebih dominan dibandingkan kurva dari sumur pengamatan 1 (obs 1 well 2).

Pendugaan Nilai Konduktivitas Hidraulik Material Akuifer

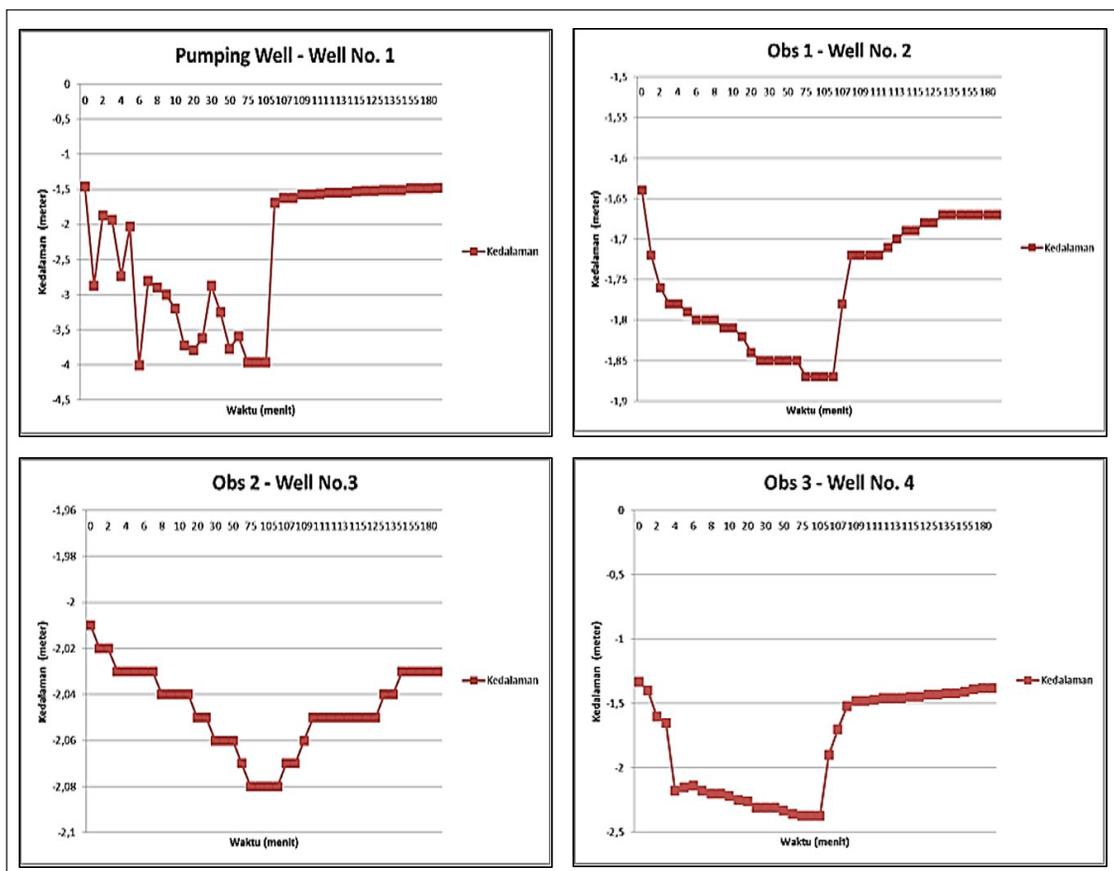
Hasil pendugaan nilai konduktivitas hidrolika akuifer di lokasi penelitian dengan menggunakan Akuifer Test Versi 4.2 dengan metode Neu-

man memberikan nilai konduktivitas hidrolika sebesar $4,32 \times 100$ m/day. Hasil pendugaan tersebut selanjutnya dibandingkan dengan hasil perhitungan dengan menggunakan beberapa metode perhitungan lainnya, selengkapnya disajikan dalam Tabel 2. Nilai konduktivitas hidrolika hasil perhitungan dengan ketiga metode di atas dan hasil analisis menggunakan Akuifer Test Versi 4.2 kemudian dikonfirmasi dengan nilai konduktivitas hidrolika menurut acuan pustaka hasil penyelidikan laboratorium (Morris dan Johnson, 1967).

Berdasarkan hasil tersebut maka nilai konduktivitas hidraulik yang mendekati nilai referensi adalah dengan metode perhitungan Thiem dan Akuifer Test 4.2.

Analisis Jari-Jari Pengaruh (*Radius of Influence*) Sumur

Metode analisis jari-jari pengaruh (*radius of influence*) sumur yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah metode Forcheimer, metode Ketakseimbangan, metode grafis dan Software MLU Versi 2.5 yang dikeluarkan oleh IHE-



Gambar 2. Kurva Penurunan dan Imbuhan Muka Air Tanah pada Sumur Uji (*Pumping Well*) dan Sumur Pengamatan (Obs 1, Obs 2, Obs 3).

Tabel 2. Nilai Konduktivitas Hidrolika Hasil Perhitungan

Metode	Rumus	Nilai Konduktivitas Hidrolika Hasil Perhitungan (m/hari)
Metode Thiem	$K = \frac{0,737Q}{(h_1 + h_2)(S_1 + S_2)} \log \frac{r_1}{r_2}$	2,32
Metode Water Collecting Bassin	$Q = 4KSr_w$	75,51
Metode Sumur Dataran Banjir	$Q = \frac{1,36K(H^2 - h^2)}{\log \frac{2d}{r_w}}$	0,61

Tabel 3. Jari-Jari Lingkaran Pengaruh (*radius of influence*) Sumur Hasil Perhitungan

Metode	Rumus	Jari- jari Lingkaran Pengaruh (m)
Metode Forcheimer	$Q = \frac{1,36K}{\log \frac{R}{r_w}} \frac{H^2 - h^2}{\left(\frac{h}{h_s + 0,5r_w}\right)^{0,5} \left(\frac{h}{h - h_s}\right)^{0,25}}$	108,19
Metode Ketakseimbangan	$R = \sqrt{4\mu T \frac{t}{S}}$ $W(\mu) = \left(4\pi \frac{T}{Q}\right) S$	43,18
Metode Grafis		23,20
Software MLU Ver 2.5		45,87

Delft Belanda. Hasil perhitungan jari-jari pengaruh dengan metode tersebut disajikan dalam Tabel 3. Nilai Jari-jari pengaruh yang diperoleh dengan metode ketidakseimbangan sebesar 43,18 m relatif mendekati nilai jari-jari lingkaran pe-

ngaruh dari software MLU Ver 2.5 yakni 45,87 m. Nilai jari-jari pengaruh yang paling tepat diperoleh dengan metode ketidakseimbangan (Sosrodarsono dan Takeda, 2006).

Metode grafis memiliki hasil yang relatif cukup jauh jika dibandingkan metode ketakseimbangan dan Software MLU Ver 2.5 dimungkinkan disebabkan karena pengujian sumur yang menjadi dasar plotting kurva tinggi muka air tanah hanya diamati pada waktu yang terbatas yakni sekitar 4 - 6 jam dari pemompaan sampai dengan imbuhan, sehingga ada kemungkinan penurunan muka air tanah yang terjadi sebenarnya belum selesai, hanya saja penurunan tinggi muka air tersebut berlangsung lambat sehingga tidak terbaca pada elektroda.

Metode Forcheimer memberikan hasil yang jauh berbeda dibandingkan dengan metode yang lain karena metode ini sangat tergantung pada keseragaman lapisan akuifer, jika ketebalan lapisan akuifer tidak seragam maka akurasi perhitungan akan semakin berkurang. Hal tersebut dapat dipahami mengingat metode Forcheimer memerlukan data kedalaman dari permukaan air yang di pompa ke lapisan kedap.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari kegiatan penelitian ini adalah lokasi penelitian dapat dikembangkan sebagai sumur produksi dengan teknik filtrasi bantaran sungai (*riverbank filtration*), lapisan akuifer tidak tertekan di lokasi penelitian umumnya terdiri dari pasir halus, pasir sedang dan liat dengan dominasi pasir halus terletak pada kedalaman 6 – 10 m bmt dengan ketebalan sampai dengan 20 m, imbuhan air tanah di lokasi penelitian dominan berasal dari air Sungai Cihideung, nilai konduktivitas hidrolik material akuifer berupa pasir halus sebesar 2,5 m/hari. Analisis pendugaan nilai konduktivitas hidrolik yang sesuai adalah dengan metode perhitungan Thiem sebesar 2,32 m/hari, nilai

konduktivitas akuifer menggunakan Akuifer Test 4.2 sebesar 4,32 m/hari, jari-jari pengaruh sumur di lokasi penelitian diperkirakan sekitar 43,18 m dengan menggunakan metode ketakseimbangan (*non equilibrium formula*), jari-jari pengaruh sumur dengan Software MLU Versi 2.5 sejauh 45,87 m.

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil kegiatan penelitian ini adalah Perlu dilakukan penelitian kualitas air sungai dan kualitas air sumur di bantaran sungai untuk mengetahui peran filtrasi tebing sungai (*riverbank filtration*), perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam mengenai dinamika aliran bawah air tanah misalnya dengan menggunakan *tracer* untuk memperoleh data aliran yang lebih tepat mengenai imbuhan air sumur, perlu dilakukan uji pemompaan sumur dengan sumur yang berbeda ukuran dan kedalamannya sampai dengan batas ketebalan lapisan akuifer, perlu dilakukan uji pemompaan sumur dengan durasi yang lebih lama, perlu mempertimbangkan metode multi layer akuifer dalam analisis pendugaan nilai konduktivitas hidrolik material akuifer dengan menggunakan software Akuifer Test 4.2, perlu dilakukan pembuatan sumur pantau pada jarak sampai dengan 50 m untuk validasi jari-jari lingkaran pengaruh sumur, perlu dilakukan penelitian mendalam pengaruh tinggi muka air normal sungai Cihideung terhadap *static water level* sumur, serta perlu dilakukan pengamatan penurunan tinggi muka air dengan elektroda yang lebih peka dan dilengkapi dengan *automatic water level recorder*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Lapangan Leuwikopo IPB atas izin penggu-

naan lahan, Direksi PT. Anggada Karsa Utama atas bantuannya untuk memberikan fasilitas perangkat lunak Akuifer Test Versi 4.2 (Schlumberger), dan IHE-Delft, Belanda untuk izin penggunaan perangkat Lunak MLU 2.5.

ACUAN

[BPS] Badan Pusat Statistik, 2011, *Statistik Air Bersih Indonesia 2010*, Jakarta, Badan Pusat Statistik.

Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2002, *Peta Potensi Air Tanah Kabupaten Bogor*.

IHE Delft, 2012, *MLU for Windows*, <http://www.hydrology.nl/ihppublications/182-mlu-for-windows-unesco-edition.html>, [12 Desember 2013]

Morris D. A. dan Johnson I. A., 1967, *Summary of Hydrologic and Physical Properties of Rock and Soil Materials as analyzed by the Hydrologic Laboratory of the U.S. Geological Survey*, U.S. Geological Survey Paper 1839-D. 42 pp.

Ray C., Melin G., dan Linsky R.B., 2003, *Riverbank Filtration Improving Source –Water Quality*. Dor-

recht, Kluwer Academic Publisher, 364 pp.

Sanim B., 2011, *Sumberdaya Air dan Kesejahteraan Publik*, Bogor, IPB Press.

Schlumberger Inc, 2011, *Aquifer Test V. 4.2 User Manual advanced Pumping Test and Slug Test Analysis Software*, http://trials.swstechnology.com/archive/Software/AquiferTest/AQT42/AQT_42_Users_Manual.pdf, [5 Desember 2013]

Sosrodarsono, S. dan Takeda, K., 2006, *Hidrologi Untuk Pengairan*, Cetakan Kesepuluh, Jakarta, PT. Pradnya Paramita.

Takhmat U, Sudibyo Y., dan Murtianto E, 1995, *Peta Hidrogeologi Indonesia 1:100.000 Catatan Penerangan Lembar 1209-1 Bogor*, Bandung, Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Direktorat Jenderal Geologi dan Sumberdaya Mineral, Departemen Pertambangan dan Energi.

Todd, D.K. dan Mays L.W., 2005, *Groundwater Hydrology*, Third Edition, New York, John Willey & Sons Inc. 636 pp.

