

PENDUGAAN NILAI KELULUSAN HIDRAULIK AKUIFER DENGAN UJI PEMOMPAAN PADA SUMUR FILTRASI DI BANTARAN SUNGAI CIHIDEUNG BOGOR

(AQUIFER HYDRAULIC CONDUCTIVITY VALUE ESTIMATION WITH PUMPING TEST ON THE RIVERBANK FILTRATION WELL AT CIHIDEUNG RIVERBANK BOGOR)

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

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

^{2,3)}Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Gedung Fateta Kampus IPB Darmaga Bogor

E-mail: wahyu.prakoso@gmail.com

Diterima: 27 Maret 2014; Disetujui: 27 November 2014

ABSTRAK

Sungai sebagai sumber air permukaan seringkali menghadapi masalah penurunan kualitas air secara serius. Sumur filtrasi bantaran sungai bisa digunakan untuk memperbaiki kualitas air sungai sebagai sumber air bersih. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik geologi dan hidrogeologi tapak filtrasi bantaran sungai, mengukur penurunan muka air tanah sumur akibat pemompaan pada bantaran sungai Cihideung Bogor, menduga nilai kelulusan hidraulik material akuifer berdasarkan analisis uji pemompaan sumur di bantaran sungai. Lingkup penelitian meliputi penyelidikan geologi dan hidrogeologi, penyelidikan geofisika bawah permukaan dengan metode geolistrik, pembuatan sumur, uji pemompaan dan penentuan karakteristik hidraulik akuifer. Lokasi uji pemompaan di bantaran Sungai Cihideung terletak pada kipas vulkanik Gunung Salak dengan lapisan akuifer terdiri dari lapisan pasir halus, pasir kasar dan lempung pasiran. Berdasarkan karakteristik penurunan muka air tanah akibat pemompaan sumur di bantaran sungai, imbuhan air tanah dominan berasal dari Sungai Cihideung, dengan kurva muka air tanah sumur 1 lebih responsif dari sumur 3. Lokasi penelitian sesuai untuk pembangunan sumur filtrasi bantaran sungai dengan memiliki nilai konduktivitas hidraulik 2,5 – 4,32 m/hari. Metode Thiem dan aplikasi Aquifer Test Versi 4.2 memberikan hasil yang baik dalam menduga nilai kelulusan hidraulik pada lokasi penelitian.

Kata Kunci : filtrasi bantaran sungai, uji pemompaan, penurunan muka air tanah, kelulusan hidraulik, Aquifer test

ABSTRACT

River as surface water source facing serious problem on the degradation of water quality. Riverbank filtration well can be 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, and aquifer hydraulic conductivity value estimation using pumping test analysis on riverbank well pumping. Scope of research included geology and hidrogeology investigation, subsurface investigation using geophysics method, well construction, pumping test, and aquifer characterization. Pumping site located at Cihideung riverbank lies on alluvial fan of Salak Vulcano, aquifer consist of fine sand, coarse sand, and silt. Dominant well recharge was observed from Cihideung river that shown by the attractiveness of drawdown and well recharge curve with well 1 more responsive than well 3. Pumping site is suitable as riverbank filtration site with hydraulic conductivity 2,5 – 4,32 m/day. Thiem method and Aquifer test 4.2 are giving satisfied result on estimating value of hydraulic conductivity.

Key words : riverbank filtration, pumping test, draw down, hydraulic conductivity, Aquifer test

PENDAHULUAN

Statistik air bersih Badan Pusat Statistik tahun 2005 – 2009 menunjukkan bahwa kuantitas penyediaan air bersih terus meningkat dari tahun

ke tahun. 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 sumur di bantaran sungai, dan pendugaan nilai kelulusan hidraulik akuifer.

Ruang lingkup penelitian ini adalah penyelidikan geologi dan hidrogeologi regional, penyelidikan geofisika bawah permukaan, pembuatan sumur uji dan sumur pengamatan, uji pemompaan, penentuan karakteristik hidraulik akuifer. 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.

KAJIAN PUSTAKA

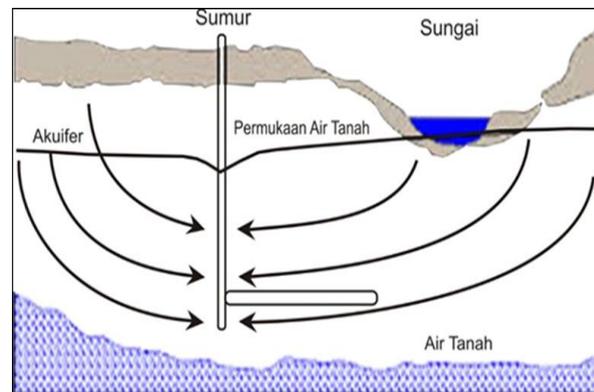
1 Kelulusan Hidraulik

Kelulusan hidraulik (*hydraulic conductivity*) tanah dan batuan dipengaruhi oleh berbagai faktor fisik, antara lain porositas, ukuran dan distribusi partikel, bentuk partikel, susunan partikel dan berbagai faktor lain (Todd dan Mays, 2005). Metode pendugaan nilai kelulusan hidraulik material dapat berupa metode laboratorium dan metode lapangan dengan cara uji pemompaan sumur (Rushton, 2003). Metode perhitungan yang dapat dipergunakan untuk menduga nilai konduktivitas hiraulik antara lain adalah metode Thiem, *metode water collecting basin*, dan metode

sumur dataran banjir (Sosrodarsono dan Takeda, 2006).

2 Uji Pemompaan (*Pumping Test*)

Uji pemompaan merupakan suatu metode yang dipergunakan secara luas untuk mengetahui karakteristik teknis akuifer. Penyelidikan karakteristik akuifer penting untuk perencanaan dan pengontrolan sumur (Sosrodarsono dan Takeda, 2006). Pendugaan ketebalan dan konduktifitas hidraulik akuifer dapat dilakukan dengan uji pemompaan sumur baik dengan sumur tunggal (*single well*) maupun dengan beberapa sumur (*multiple well*). Metode pemompaan dengan beberapa sumur memberikan hasil pendugaan nilai konduktivitas hidraulik yang cukup teliti dengan durasi pemompaan relatif pendek pada akuifertak terkekang. Metode analisis penurunan muka air akibat pemompaan sumur pada akuifer tak tertekan menggunakan model Neuman, dengan menganggap akuifer bersifat homogen dan tak terbatas (Maréchal et al, 2010).



Sumber : Ray et al (2003)

Gambar 1 Aliran air tanah pada sumur *Riverbank Filtration*

3 Filtrasi Bantaran Sungai

Riverbank filtration (RBF) merupakan teknologi murah, sederhana dan relatif aman untuk pengolahan air bersih yang telah diterapkan dalam skala luas di banyak negara khususnya di Eropa dan Amerika Serikat. Riverbank filtration dapat dimanfaatkan sebagai unit pengolahan air bersih berbiaya rendah maupun sebagai unit pra pengolahan pada sarana pengolahan air bersih khususnya pada negara berkembang. Penerapan teknik RBF untuk pengolahan air bersih sesuai untuk kondisi dimana biaya pengolahan air bersih melalui pengambilan langsung lebih tinggi dibandingkan biaya pengolahan filtrat yang dipompa pada sumur di bantaran sungai dengan kualitas air yang lebih baik, kualitas air permukaan mengalami fluktuasi sehingga mengakibatkan

terjadinya peningkatan biaya pengolahan untuk mencapai kualitas air bersih yang diinginkan (Ray et al, 2003).

Sebagai sebuah proses pengolahan air bersih, RBF dapat membersihkan air permukaan dari kontaminan organik, mikroba patogen dan partikel pencemar. Keunggulan yang dimiliki oleh RBF antara lain adalah efektivitas biaya, hal ini dimungkinkan karena RBF mampu menyeimbangkan fluktuasi konsentrasi ion (misalnya : nitrat dan amonia) sehingga tidak memerlukan pengolahan lebih lanjut. Keunggulan lain penerapan RBF adalah kemungkinan pencampuran antara filtrat sumur pada bantaran sungai dengan air tanah pada akuifer untuk meningkatkan kapasitas produksi, sekaligus melarutkan kontaminan (Grischek et al. 2003)

Pemilihan tapak dan desain RBF dipengaruhi oleh hidrologi sungai, karakteristik hidrogeologi, dan tujuan eksploitasi air. Untuk menjamin keberlangsungan pemanfaatan RBF, sungai harus memiliki kontak hidraulik dengan akuifer yang berdekatan. Tapak RBF pada umumnya terletak pada akuifer yang memiliki konduktivitas hidraulik lebih besar dari 1×10^{-4} m/s. Ketebalan akuifer yang dieksploitasi berada pada kisaran antara 5 sampai dengan 60 m (Grischek et al,2003).

Konstruksi sumur RBF secara umum terdiri dari dua tipe konstruksi yakni sumur vertikal tanpa pipa lateral dan sumur kolektor dengan pipa lateral. Sumur vertikal diaplikasikan pada tapak dengan kuantitas ekstraksi air yang relatif kecil. Sumur kolektor yang dilengkapi dengan pipa lateral digunakan pada tapak dengan kuantitas ekstraksi besar (Grischek et al, 2010). Kapasitas produksi sumur RBF yang menyadap air di bawah dasar sungai lebih besar daripada sumur RBF yang menyadap di bantaran sungai, namun beberapa keunggulan yang dimiliki sistem RBF akan hilang jika dilakukan penyadapan di bawah dasar sungai. Keunggulan yang hilang tersebut antara lain adalah kemampuan penyeimbangan dan pencampuran dengan air tanah dari akuifer di sekitar lokasi RBF. Kemampuan penyeimbangan RBF yang hilang pada penyadapan di bawah dasar sungai dipengaruhi oleh sedimen di dasar sungai yang menghambat proses filtrasi dan pengikatan material pencemar terutama pencemar nitrit, nitrat, *methane*, dan besi (de Vet et al, 2010).

Pada banyak kasus, jarak yang lebih panjang antara sumur produksi RBF dan bantaran sungai biasanya selalu memberikan efek yang baik khususnya terhadap peningkatan kualitas air. Parameter kunci yang mempengaruhi kualitas air yang dihasilkan dari sumur RBF adalah waktu alir (*flow time*). Namun dewasa ini hasil penelitian dan

laporan-laporan menunjukkan bahwa area kontak permukaan dengan infiltrasi air memiliki peran yang lebih penting (Nestler et al, 1998), sehingga panjang aliran bersama dengan ketebalan akuifer dan area infiltrasi pada daerah di sekitar bantaran sungai adalah parameter yang harus diuji dalam perencanaan tapak RBF.

Perhitungan proporsi air sungai yang terpompa untuk kondisi parameter yang diberikan adalah 77 % untuk anjungan sumur (*well gallery*) yang terdiri dari 15 sumur dan 65 % untuk tiga grup sumur dengan jarak antar grup 400 – 500 m. Kerucut depresi (*cone of depression*) yang lebih besar memberikan proporsi air sungai yang lebih besar dengan asumsi tidak terjadi sumbatan pada lapisan infiltrasi. Kalkulasi dengan debit pemompaan yang berbeda memberikan proporsi yang sama. Parameter yang perlu mendapatkan perhatian adalah jarak antar sumur dan bentuk kerucut depresinya. Jika akuifer tipis, maka sumur yang dibangun secara grup akan lebih menguntungkan dibandingkan dengan *well gallery*, dan dengan jumlah sumur yang sama maka produksi sumur yang tersusun secara grup akan lebih besar, yang ditandai dengan perbedaan penurunan muka air yang signifikan (Ray, 2001).

Semakin banyak jumlah sumur atau jarak antar sumur yang lebih panjang akan mengakibatkan penggunaan volume akuifer yang lebih besar. Kondisi ini akan melibatkan permukaan reaktif dari material akuifer yang lebih luas sehingga kontak terhadap infiltrat dapat terjadi lebih efektif. Jarak antara sumur dengan sungai dapat dioptimisasi berdasarkan debit rembesan air sungai yang diinginkan, panjang flow path yang dipilih dan waktu retensi yang direncanakan. Jika diperkirakan terjadi penyumbatan pada dasar sungai, maka letak sumur harus dibuat lebih dekat ke bantaran sungai untuk menjamin proporsi filtrat *riverbank* yang direncanakan. Lokasi sumur RBF yang terbaik untuk menghasilkan debit pemompaan yang besar adalah pada pulau di tengah sungai atau meander, khususnya jika sungai memiliki gradien yang lebih curam daripada air tanah yang terkoneksi dengan akuifer dan atau dasar sungai memiliki kelulusan hidraulik yang tinggi (Ray et. al, 2003).

METODOLOGI

1 Metode Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data yang dikumpulkan adalah data primer dan data sekunder. Data sekunder meliputi peta geologi regional, peta geohidrologi regional, peta potensi air tanah. Data primer diperoleh dengan pengeboran, uji pemompaan sumur, pengukuran topografi, penyelidikan geofisika bawah

permukaan dengan metode geolistrik dan pengukuran tinggi muka air tanah. Pengolahan data dilakukan dengan beberapa analisis, yakni :

a) Analisis Geologi dan Geohidrologi Regional

Koordinat lokasi penelitian di plot kedalam peta geologi dan geohidrologi regional sehingga dapat diperoleh informasi mengenai geologi penyusun akuifer dan sistem geohidrologinya.

b) Analisis Geofisika Bawah Permukaan

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

c) Analisis Uji Pemompaan

Analisis uji pemompaan sumur untuk mengetahui karakteristik geohidrologi akuifer meliputi arah aliran air tanah dan pengisian sumur dominan, dan nilai kelulusan hidraulik material akuifer. Metode yang dipergunakan untuk mengetahui arah aliran air tanah dominan adalah dengan perbandingan kurva penurunan muka air tanah sumur pengamatan. Metode pendugaan nilai kelulusan hidraulik akuifer yang dipergunakan adalah :

a. Metode Thiem (Todd dan Mays, 2005)

$$K = \frac{0,732Q}{(h_1 + h_2)(s_1 - s_2)} \log \frac{r_2}{r_1} \quad 1)$$

Berlaku untuk akuifer tak terkekang

Keterangan:

K, kelulusan hidraulik (m/s)

Q, debit pemompaan (m³/s)

s, penurunan muka air tanah pada masing-masing sumur pengamatan (m)

h, tinggi permukaan lapisan keadap air sampai dengan muka air tanah dalam masing- masing sumur pengamatan (m)

r, jarak masing-masing sumur pengamatan dari sumur uji pemompaan (m)

b. Metode Water Collecting Basin (Sosrodarsono dan Takeda, 2006)

$$Q = 4Ksr_w \quad 2)$$

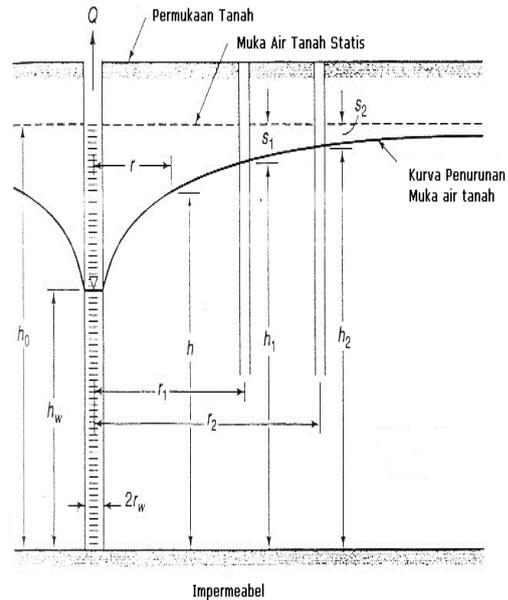
Keterangan:

Q, debit pemompaan (m³/s)

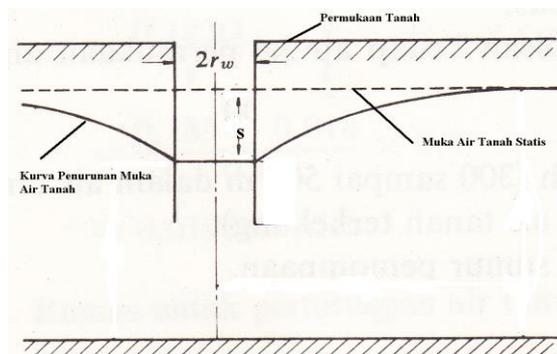
K, kelulusan hidraulik (m/s)

s, besar penurunan muka air tanah (m)

r_w, jari -jari sumur (m)



Gambar 2 Skema Metode Thiem



Gambar 3 Skema Water Collecting Basin

c. Metode Sumur Dataran Banjir (Sosrodarsono dan Takeda, 2006)

$$Q = \frac{1.36K(H^2 - h^2)}{\log \frac{2d}{r_w}} \quad 3)$$

Keterangan:

K, kelulusan hidraulik (m/s)

Q, debit pemompaan (m³/s)

d, jarak sumur ke sungai (m)

H, tebal akuifer (m)

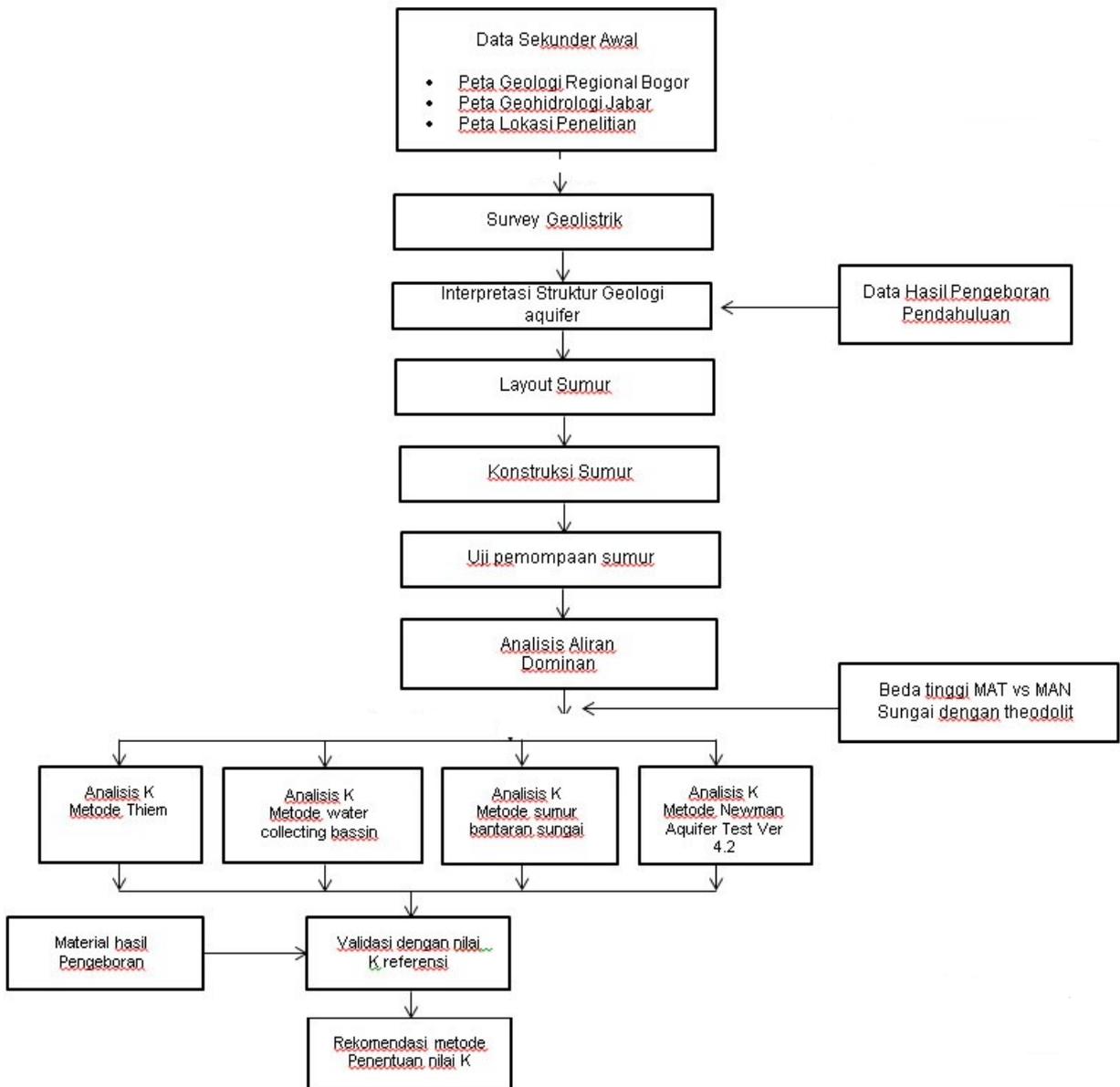
h, tinggi permukaan lapisan keadap air sampai dengan muka air tanah dalam sumur pada saat pemompaan (m)

r_w, jari -jari sumur (m)

d. Software AkuiferTest 4.2 (Schlumberger Inc, 2011)

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

Diagram alir pelaksanaan penelitian dapat dilihat dalam Gambar 4. Metode pengumpulan, peralatan, metode analisis dan keluaran data penelitian disajikan dalam Tabel 1.



Gambar 4 Diagram alir pelaksanaan Penelitian

Tabel 1 Metode Pengumpulan , Peralatan, Metode pengolahan dan Keluaran Data Penelitian

No.	Data Primer/ Sekunder	Metode Akuisisi	Alat dan Bahan	Pengolahan dan Analisis Data	Keluaran
1.	Topografi	Pengukuran Terestris	- Digital Theodolit (Kolda KT-02) - GPS (Garmin GPS 60i)	- Land Desktop	Peta Topografi dan Deliniasi sumur uji, dan sumur pengamatan, serta situasi lapangan
2.	Geohidrologi	- Geolistrik - Pumping test	- Resistivity meter (Mark 2 OYO 2115 A) - Pompa air (Multi Pro WP 30MP) - Avo meter dan elektroda (ATN SP-110)	- AkuiferTest Ver 4.2 - IPI2WIN - Res2Dinv - MLU Ver 2.25 - Pengukuran muka air tanah pada sumur uji, sumur pengamatan - Ploting kurva penurunan muka air tanah - Validasi model	Karakteristik Geohidrologi (Konduktivitas hidraulik, kurva penurunan muka air tanah, kurva pengisian sumur, aliran air tanah dominan)
3.	Geologi	- Studi dokumen dan Peta	- Peta Geologi	- Identifikasi karakteristik geologi	Karakteristik geologi

HASIL DAN PEMBAHASAN

1 Geologi dan Hidrogeologi Regional

Berdasarkan plotting lokasi penelitian pada Peta Hidrogeologi Indonesia (skala 1: 100.000) Lembar Bogor (No Lembar Peta : 1209-1 Bogor) yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi tahun 1995 dan Peta Potensi Air Tanah yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum, akuifer di lokasi penelitian menempati daerah endapan kipas aluvial dan tuf batu apung produk vulkanik Gunung Salak. Jenis batuan yang dapat bertindak sebagai akuifer adalah batuan epiklastik berupa endapan kipas aluvial dan tuf batu apung yang berumur kuartar. Berdasarkan kondisi hidrogeologinya, wilayah penelitian termasuk ke dalam tipologi akuifer endapan gunung api/ vulkanik. Berdasarkan Peta Hidrogeologi regional, wilayah penelitian termasuk kedalam wilayah dengan produktivitas akuifer rendah – sedang.

Sistem air tanah dangkal di sekitar lokasi penelitian dijumpai pada kedalaman 5 – 20 m bmt (di bawah permukaan tanah). Sistem akuifernya terdiri dari beberapa lapisan breksi, tufa pasir, dan batu pasir tufan. 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

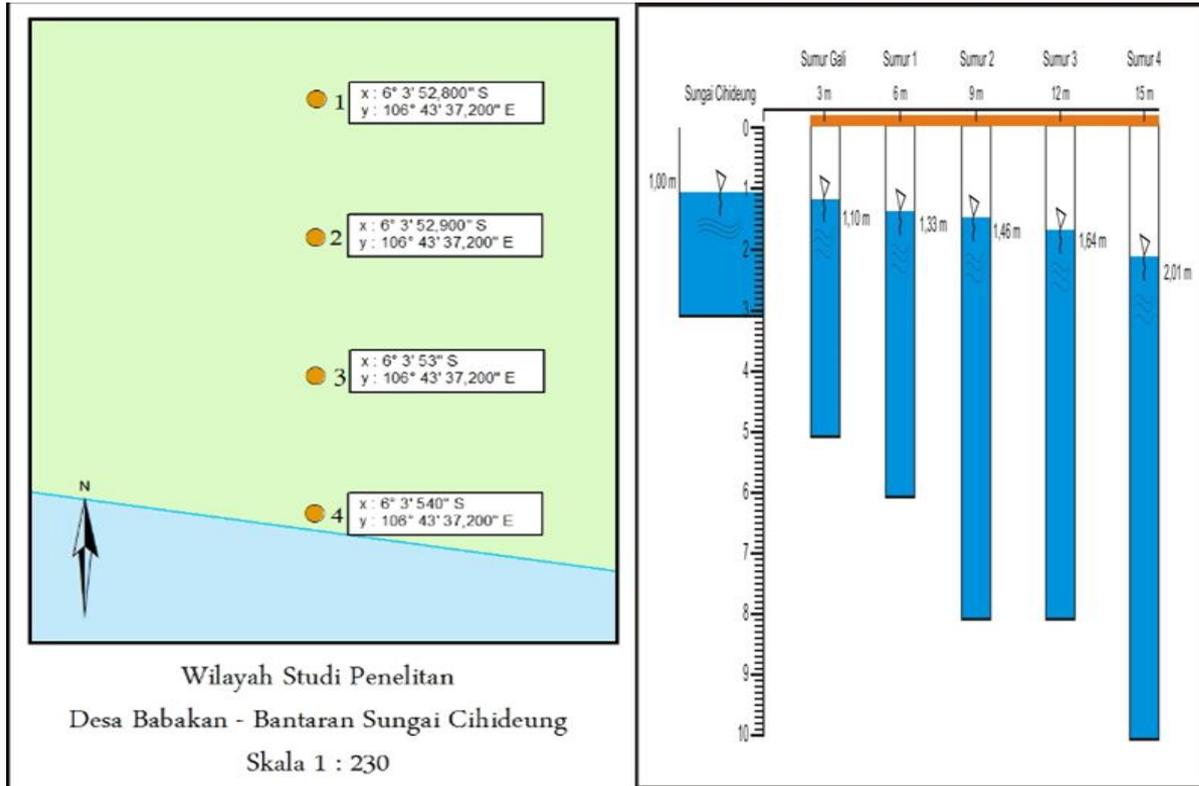
sekitar wilayah penelitian karena pengaruh tinggi muka air sungai. Sistem air tanah dalam pada wilayah penelitian tersusun atas batuan vulkanik endapan kuartar seperti breksi, pasir tufan dan batuan sedimen dari formasi Bojong manik. Jenis akuifer yang dijumpai adalah akuifer bebas (dangkal), semi tertekan dan akuifer terkekang.

2 Geofisika Bawah Permukaan

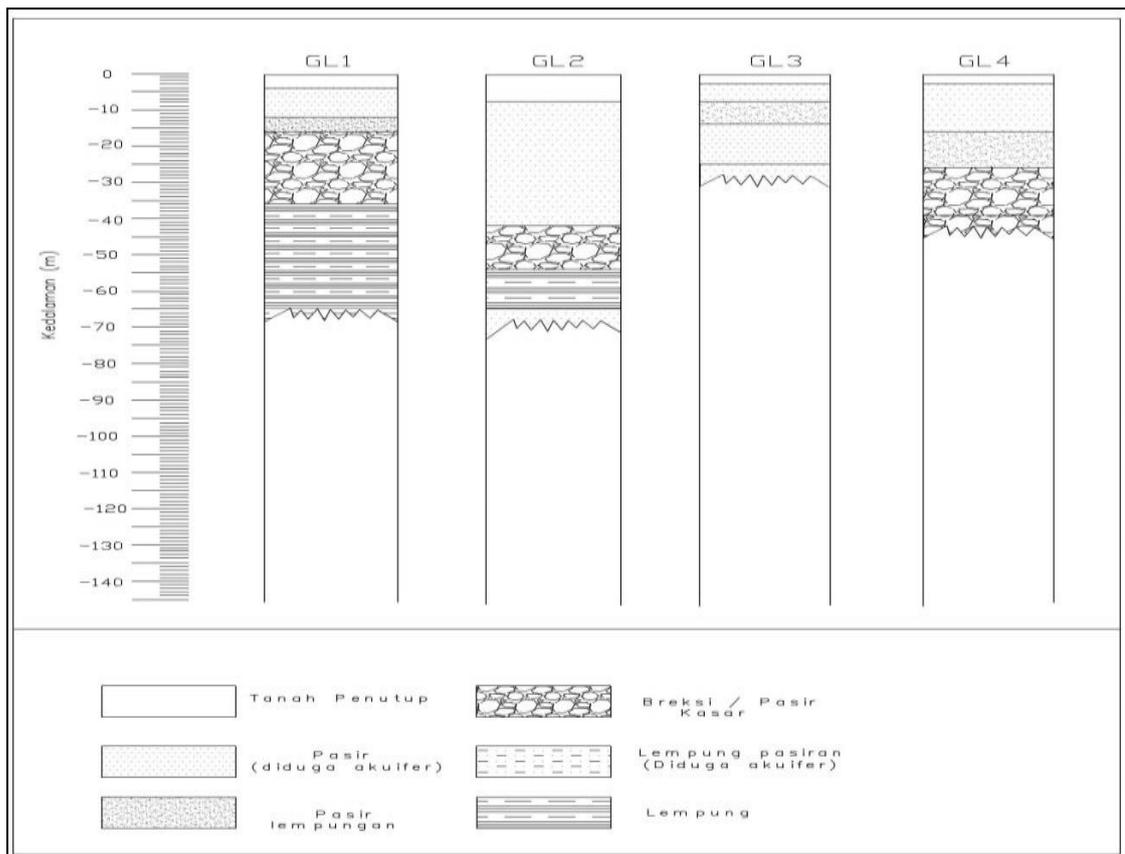
Berdasarkan pemetaan geologi bawah permukaan dengan penyelidikan geofisika metode geolistrik yang telah dilakukan di lokasi penelitian sebanyak 4 (empat) titik pengamatan (GL 1, GL2, GL 3, dan GL 4) dapat diketahui jenis akuifer yang terdapat di lokasi penelitian dengan nilai resistivitas antara 12,77 – 50.50 Ohm meter. Lapisan akuifernya adalah batuan vulkanik berupa batu pasir tufan, batu pasir kasar, lempung pasir, dan breksi.

Penampakan litologi lapisan akuifer di lokasi penelitian disajikan pada Gambar 6. Berdasarkan penafsiran geolistrik tersebut lapisan pembawa air tanah dangkal terdapat pada kedalaman < 10 m bmt (akuifer bebas), sedangkan akuifer produktif berupa lapisan pasir (pasir sedang, pasir halus) dan breksi terdapat pada kedalaman 10 – 50 m bmt. Lapisan ketiga adalah lapisan lempung terdapat pada kedalaman > 30 m bmt.

Ketakseragaman lapisan akuifer diduga disebabkan karena pengaruh pengendapan sedimen dari sungai Cihideung berupa liat (*silt*) dan lempung (*clay*) pada kedalaman sekitar 10 m bmt berupa lempung pasir.



Gambar 5 Tata Letak Sumur di Lokasi penelitian



Gambar 6 Bor Log Hasil Penafsiran Data Geolistrik

3 Konstruksi Sumur

Tata letak sumur dibuat dengan mempertimbangkan hasil penafsiran geolistrik dan pemboran pendahuluan. Jarak antar sumur adalah 3 (tiga) 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. Hasil penafsiran lapisan akuifer di lokasi penelitian secara lengkap disajikan pada Tabel 2.

Sumur yang dibuat terdiri dari 4 (empat) sumur bor dan 1 (satu) sumur gali. Kedalaman sumur bor adalah 6 - 10 m bmt, sedangkan kedalaman sumur gali adalah 5 (lima) m bmt. Kedalaman dan penomoran sumur disajikan dalam Tabel 3. Sumur dibuat dengan menggunakan teknik pemboran manual mengingat kedalaman sumur relatif dangkal.

Sumur yang dibuat berupa sumur bor dengan casing terbuat dari pipa PVC berdiameter 4 *inch* (10,16 cm) dengan tinggi 10 cm di atas permukaan tanah.

4 Uji Pemompaan Sumur

Uji pemompaan sumur dilakukan dengan melakukan pemompaan terhadap sumur uji dan pengamatan tinggi muka air pada seluruh sumur baik sumur uji maupun sumur pengamatan. Dengan melakukan uji pemompaan sumur diketahui beberapa karakteristik sumur yang berkaitan erat dengan karakteristik akuifernya, yakni kurva penurunan muka air tanah, kurva pemulihan (*recovery*) air tanah, pemulihan air dominan, serta jari-jari lingkaran pengaruh sumur dengan mempergunakan metode grafis.

Tabel 2 Hasil Penafsiran Lapisan Akuifer Berdasarkan Data Geolistrik

No	Titik Pendugaan Geolistrik	Kedalaman (m)	Penafsiran Litologi
1	GL 1	0 - 3	Tanah penutup
		3 - 13	Pasir (diduga akuifer bebas)
		13 - 15.45	Lempung pasiran
		15.5 - 30.2	Breksi / breksi kasar
		30.2 - ∞	Lempung
2	GL 2	0 - 8	Tanah penutup
		8 - 40.11	Pasir (diduga akuifer bebas)
		40.1 - 50	Breksi / breksi kasar
		50 - 58.99	Lempung
		59 - ∞	Lempung pasiran (diduga lapisan 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 / breksi kasar

Sebelum dilakukan uji pemompaan dilakukan pengukuran tinggi muka air statis sumur dan muka air normal sungai. Pengukuran tinggi muka air statis dilakukan dengan menggunakan elektrode terhubung dengan avo meter dengan kabel yang telah diberi label ukuran kedalaman

sumur, sedangkan pengukuran tinggi muka air normal sungai dilakukan dengan menggunakan *digital theodolit*. Hasil pengukuran tinggi muka air statis sumur dan muka air normal sungai disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 3 Kedalaman dan Penomoran Sumur

No.	Titik Geolistrik	Nama Sumur	Status	Kedalaman (m)	Jenis Sumur
1.	GL 1	Sumur 1	Observasi 3	6	Bor
2.	GL 2	Sumur 2	Uji	8	Bor
3.	GL 3	Sumur 3	Observasi 1	8	Bor
4.	GL 4	Sumur 4	Observasi 2	10	Bor
5.		SG		5	Gali

Tabel 4 Tinggi Muka Air Statis Sumur dan Muka Air Normal Sungai Cihideung

No.	Titik pengukuran	Tinggi muka air (m)	Keterangan
1.	Sumur 1	1,33	TMA Statis
2.	Sumur 2	1,46	TMA Statis
3.	Sumur 3	1,64	TMA Statis
4.	Sumur 4	2,01	TMA Statis
5.	SG	1,10	TMA Statis
6.	Sungai Cihideung	1,00	MAN Sungai terhadap elevasi sumur 1

Tabel 5 Hasil Uji Pemompaan Pendahuluan

Ulangan Ke -	Waktu Penuh (s)	Debit terukur (l/s)	Keterangan
1	84	0,4762	Volume bejana ukur : 40 liter
2	81	0,494	
3	72	0,556	
4	91	0,440	
5	92	0,435	
6	102	0,392	
7	104	0,385	
8	89	0,449	
9	89	0,449	
10	126	0,317	
	Rata - rata	0,439	

Uji pemompaan sumur dilakukan dengan debit variabel dengan rata-rata debit 0,42 l/s, yang didahului dengan pemompaan pendahuluan untuk mengetahui debit konstan pada posisi bukaan *throttle* 75 % dengan menggunakan mesin pompa air tipe Multipro WP 30 MP. Hasil pemompaan pendahuluan disajikan dalam Tabel 5.

5 Kurva Penurunan Muka Air Tanah Akibat Pemompaan

Kurva penurunan muka air tanah pada sumur diperoleh dari uji pemompaan sumur dengan melakukan pemompaan terhadap sumur uji dan pengamatan tinggi muka air pada seluruh sumur baik sumur uji maupun sumur pengamatan. Dengan melakukan uji pemompaan sumur diketahui beberapa karakteristik sumur yang berkaitan erat dengan karakteristik akuifernya, yakni kurva penurunan muka air tanah (*drawdown curve*), kurva imbuhan air tanah, imbuhan air dominan (*groundwater recharge*).

6 Pendugaan Imbuhan Dominan

Pada sumur filtrasi bantaran 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 pemulihan (*recovery*) sumur dari uji pemompaan pada sumur yang terletak dalam satu garis lurus memotong tegak lurus aliran sungai. Dalam penelitian ini yang diperbandingkan adalah sumur 1 dan sumur 3 yang memiliki jarak radial yang sama terhadap sumur uji (*pumping well*)

Perbandingan kurva penurunan muka air tanah memperlihatkan dengan jelas bahwa besaran penurunan muka air pada sumur 1 selama

pemompaan lebih besar secara signifikan yakni mencapai 1,04 m dari static water level (SWL), sedangkan pada sumur 3 besaran penurunan tinggi muka air yang terjadi sebesar 0,23 m dari static water level. Kurva imbuhan sumur 1 memiliki respon pemulihan (*recovery*) yang lebih cepat daripada sumur 3. Hal tersebut menunjukkan bahwa sumur uji mendapatkan lebih besar air dari sungai dibandingkan dari akuifer air tanah disekitarnya karena kurva penurunan muka air tanah dan kurva pemulihan (*recovery*) sumur 1 dalam jarak radial yang sama terhadap sumur uji (lebih dekat ke arah sungai) lebih dominan dibandingkan kurva dari sumur 3.

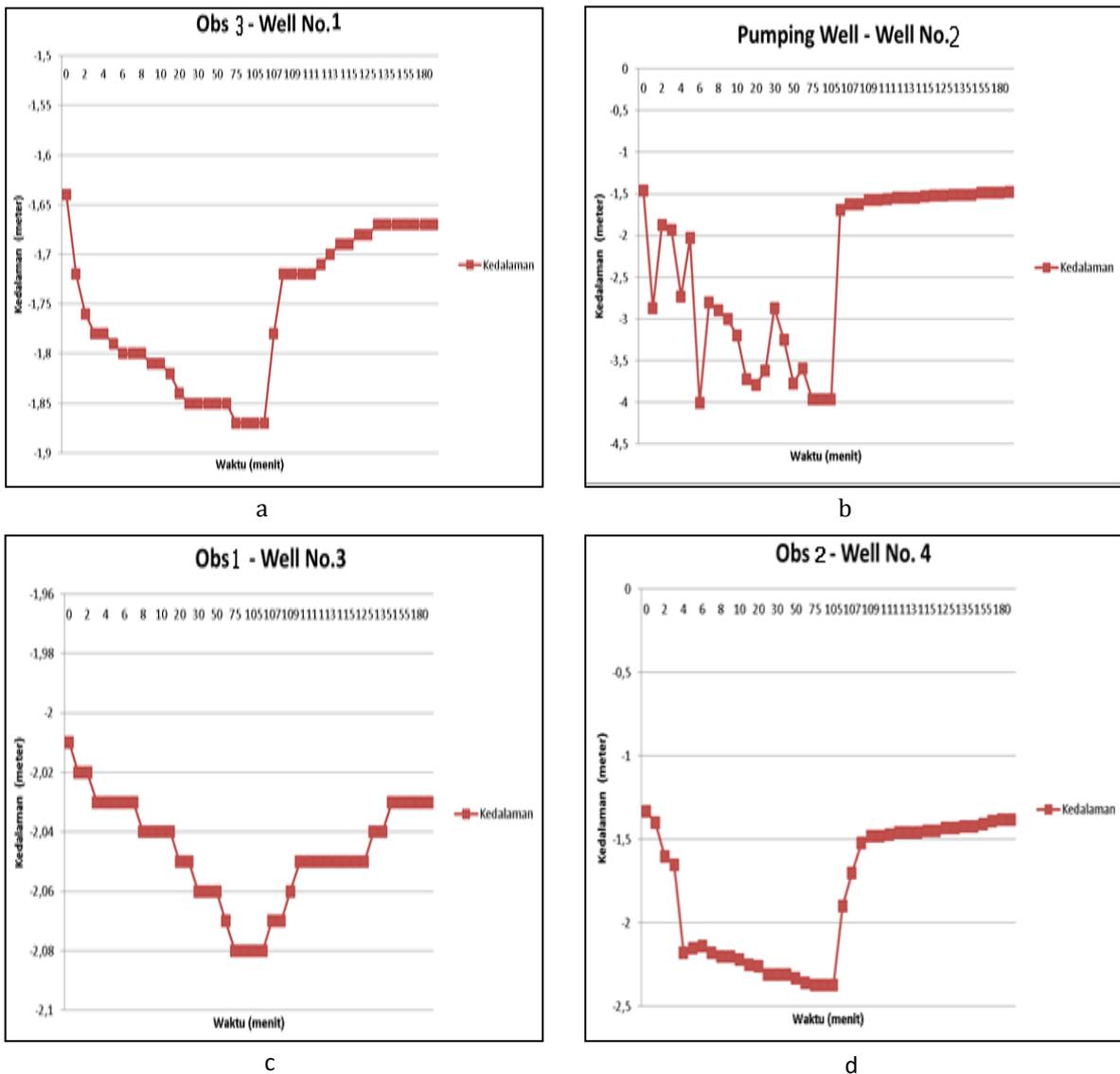
7 Material Akuifer

Hasil pendugaan nilai konduktivitas hidraulik akuifer di lokasi penelitian dengan menggunakan perangkat lunak Akuifer Test Versi 4.2 dengan metode Neuman memberikan nilai konduktivitas hidraulik sebesar $4,32 \times 10^0$ m/hari. Hasil pendugaan tersebut selanjutnya dibandingkan dengan hasil perhitungan dengan menggunakan beberapa metode perhitungan lainnya, selengkapnya disajikan dalam Tabel 6. Nilai konduktivitas hidraulik hasil perhitungan dengan ketiga metode diatas dan hasil analisis menggunakan Akuifer Test Versi 4.2 kemudian dikonfirmasi dengan nilai konduktivitas hidraulik menurut acuan pustaka hasil penyelidikan laboratorium (Morris dan Jhonshon, 1967). Berdasarkan hasil tersebut maka nilai konduktivitas hidraulik yang mendekati nilai referensi adalah dengan metode perhitungan Thiem dan AkuiferTest 4.2.

Kurva penurunan dan pemulihan (*recovery*) muka air tanah pada masing-masing sumur disajikan pada Gambar 4.

Tabel 6 Nilai Konduktivitas Hidraulik Hasil Perhitungan

Metode	Nilai Konduktivitas Hiraulik Hasil Perhitungan (m/hari)
Metode Thiem	2,32
Metode <i>Water Collecting Bassin</i>	75,51
Metode Sumur Dataran Banjir	0,61



Gambar 4 Kurva Penurunan dan Pemulihan Muka Air Tanah Pada Sumur Uji (b) dan Sumur Pengamatan Obs 1 (c), Sumur Pengamatan Obs 2 (d), dan Sumur Pengamatan Obs 3 (a)

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari kegiatan penelitian ini adalah:

Lapisan akuifer dangkal di lokasi penelitian umumnya terdiri dari pasir halus, pasir sedang dan liat dengan dominasi pasir halus. Lapisan akuifer dangkal di lokasi penelitian terletak pada kedalaman 6 – 10 m bmt dengan ketebalan sampai dengan 20 m.

Pemulihan (*recovery*) air tanah di lokasi penelitian dominan berasal dari air sungai Cihideung.

Nilai kelulusan hidraulik material akuifer berupa pasir halus sebesar 2,5 – 4,32 m/ hari. Analisis pendugaan nilai konduktivitas hidraulik

yang sesuai adalah dengan metode perhitungan Thiem

DAFTAR PUSTAKA

[BPS] Badan Pusat Statistik. 2011. Statistik Air Bersih Indonesia 2010. Jakarta : Badan Pusat Statistik.
 Chow VT, Maidment DR, Mays LW.1988. Applied Hydrology. New York : McGraw-Hill.
 De Vet WWJM, Van Genuchten CCA, Van Loosdrecht MCM, Van Dijk JC. 2010. *Water Quality and Treatment of Riverbank Filtrate*. Drink. Water Eng Sci 3 : 79-90.

- Grischek T, Shoenheinz D, Ray C, 2003. *Sitting and Design Issues for Riverbank Filtration Schemes*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- Grischek T, Shoenheinz D, Syhre C, Saupe K. 2010. *Impact Of Decreasing Water Demand on Bank Filtration In Saxony, Germany*. Drink. Water Eng Sci 3 : 11-20.
- Harbaugh AW, McDonald MG. 1996. *User Documentation for MODFLOW-96 an Update to the United States Geological Survey Modular Finite- Difference Ground-Water Flow Model*. Virginia :USGS.
- Herdianto ED.2011. Analisis Finansial Pengoperasian Unit Pengolahan Air Bersih (Water Treatment Plant) Kampus IPB Darmaga Bogor [Skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Kirsch R. 2006. *Groundwater Geophysics a Tool for Hydrogeology*. Berlin : Springer. 493 pp
- Maréchal J C, Vouillamoz J M, Kumar MSM, Dewandel B. 2010. *Estimating Aquifer Thickness Using Multiple Pumping Test*. J Hydrogeol 18 :1787-1796.
- Morris D A, Johnson I A. 1967. *Summary of Hydrogeologic and Physical Properties of Rock and Soil Materials as analyzed by the Hydrologic Laboratory of the US Geological Survey*. US Geological Survey Paper 1839-D. 42 pp
- Nestler W, Walther W, Nietzel P, Grischek T. 1996. *“Untersuchungen zur Unterströmung der Elbe” (Investigations into groundwater flow beneath the Elbe River)*. Wasser und Boden, 48 : 53-58
- Nestler W, Dehnert J, Nietzel P, Grischek T. 1998. *Water Production in Aquifer in the Catchment Areas of the River Elbe*. Berlin: UFZ.
- Ray C. 2001. Modeling Riverbank Filtration System to Attenuate Shock Loads in Rivers. Journal of American Water Works Association 94 : 149-160.
- Ray C, Melin G, Linsky RB. 2003. *Riverbank Filtration Improving Source –Water Quality*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.364 pp
- Rushton KR, 2003. *Groundwater Hydrology. Conceptual and Computational Models*. West Sussex: John Willey & Sons Inc. 416 pp
- Sanim B.2011. *Sumberdaya Air dan Kesejahteraan Publik*. Bogor : IPB Press
- Singhal BBS, Gupta RP. 2010. *Applied Hydrogeology Of Fractured Rocks*. Second Edition. Berlin : Springer.408 pp
- Sosrodarsono S, Takeda K. 2006. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Cetakan Kesepuluh. Jakarta : PT. Pradnya Paramita
- Todd D. K, Mays LW. 2005. *Groundwater Hydrology*. Third Edition. New York : John Willey & Sons Inc.636 pp
- Winter T C. 1999. *Relations of Stream Lakes and Wetlands to Groundwater Flow*. Hydrogeol J. 7 : 28-45

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Laboratorium Lapangan Leuwikopo IPB atas ijin penggunaan lahan, Direksi PT. Anggada Karsa Utama atas bantuannya untuk memberikan fasilitas perangkat lunak AkuiferTest Versi 4.2 (Schlumberger).