

RANCANGAN DIMENSI SUMUR RESAPAN UNTUK KONSERVASI AIR TANAH DI KOMPLEKS TAMBAKBAYAN, SLEMAN DIY

Werdiningsih
luffa27.feria@gmail.com

Slamet Suprayogi
slametsuprayogi@yahoo.com

Abstract

The aims of this study are: (a) to calculate the rainfall intensity of 5, 10, 20, and 50 years of return period, (b) to calculate and analyze the classification of roof classes, (c) to calculate and analyze the design of infiltration wells for each roof class. This research was conducted by measuring the permeability of the soil (the inverse auger hole method) based on building density and slope, measuring the groundwater table depth, and validating the field and the land use digitalize as well as the soil profile. Analysis of the intensity rainfall used the data Adisucipto station for 24 years and IDF, the dominant rainfall duration was derived from the Santan automatic station. The analysis showed that the designed rainfall intensities for a period of 5, 10, 20, and 50 years are 46.2, 51.6, 56.4, and 62.4 mm/hour. Accuracy of the digitalize level of the roof building's roof is 86%. There were 8 classes gained for the roof classification in example 21-36, 37-40, 41-45, 46-54, 55-60, 61-70, 71-80, and 81-100 m². Calculation results showed that the larger the roof area, the rainfall intensity, and the return period are greater the depth of wells will be.

Keywords: *conservation of groundwater, roof area, rainfall intensity, permeability, infiltration wells*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan, (a) menghitung intensitas hujan periode ulang 5, 10, 20, dan 50 tahun, (b) menghitung dan menganalisis klasifikasi kelas atap, (c) menghitung dan menganalisis desain sumur resapan untuk masing-masing kelas atap. Penelitian dilakukan dengan pengukuran permeabilitas tanah (metode invers auger hole) berdasarkan kepadatan bangunan dan lereng, pengukuran kedalaman muka airtanah, cek digitasi lapangan dan penggunaan lahan, serta profil tanah. Analisis intensitas hujan menggunakan data stasiun Adisucipto selama 24 tahun dan IDF, serta durasi hujan dominan diperoleh dari data hujan otomatis stasiun Santan. Hasil analisis menunjukkan bahwa intensitas hujan rancangan untuk periode 5, 10, 20, dan 50 tahun adalah 46,2; 51,6; 56,4; dan 62,4 mm/jam. Ketelitian hasil digitasi atap bangunan sebesar 86% dan diperoleh 8 kelas klasifikasi kelas atap, yaitu 21-36, 37-40, 41-45, 46-54, 55-60, 61-70, 71-80, dan 81-100 m². Hasil perhitungan menunjukkan bahwa semakin besar luas atap,

intensitas hujan, periode ulang, maka kedalaman sumur resapan akan semakin besar

Kata kunci: konservasi airtanah, luas atap, intensitas hujan, permeabilitas, sumur resapan

PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan airtanah tanpa diimbangi upaya pelestarian airtanah menyebabkan ketersediaan airtanah, baik secara kualitas maupun kuantitas akan terganggu, sehingga krisis air dapat terjadi. Proporsi sumber air bersih pada airtanah di Indonesia rata-rata adalah 81%, bervariasi dari 0% di beberapa kabupaten di Kalimantan dan Sumatera, sampai 100% di beberapa Kabupaten di Jawa (Bapedal, 1998 dalam Suripin, 2004). Media Indonesia, 19 Maret 2004 menulis bahwa menurut Sutopo dan Karsidi, peneliti Badan Pengembangan dan Pengkajian Teknologi (BPPT) memprediksi, sampai 2020 ketersediaan air masih mencukupi untuk pemenuhan seluruh kebutuhan air, seperti keperluan rumah tangga, perkotaan, irigasi, dan lainnya. Namun secara per pulau, jelas mereka, ketersediaan air yang ada sudah tidak mencukupi, khususnya di Pulau Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara. Lebih lanjut, Sutopo menjelaskan secara nasional ketersediaan air dari total aliran sungai di Indonesia selama setahun mencapai 1.957.205 juta meter kubik (m^3), sementara kebutuhan total pada 2003 mencapai 112.275 juta m^3 . Proyeksi 2020 mencapai 127.707 juta m^3 (Media Indonesia, 19 Maret 2004).

Kota Yogyakarta memiliki luas wilayah 32,5 km^2 dengan kepadatan penduduk sebesar 13.881 jiwa/ km^2 . Sebesar 83,4% dari luas wilayah Kota Yogyakarta merupakan daerah terbangun (Kota Yogyakarta dalam Angka, 2009). Hal ini menyebabkan potensi menurunnya air yang meresap ke dalam tanah di Kota Yogyakarta. Menurut Sunjoto (1988) di dalam Suripin (2004), menyatakan bahwa selama kurun waktu 25 tahun terakhir ini, Kota Yogyakarta telah mengalami penurunan muka airtanah sebesar 6,00 meter.

Sebagai bentuk penanggulangan atas permasalahan di atas, perlu dilakukan upaya konservasi airtanah terutama berkaitan dengan minimalisasi nilai *runoff* yang terjadi. Minimalisasi *runoff* terjadi di kawasan terbangun sekaligus sebagai upaya konservasi airtanah dapat dilakukan dengan pembuatan desain sumur resapan di sekitar kawasan terbangun, sehingga dapat diaplikasikan dan terjadi keseimbangan pemakaian airtanah dengan ketersediaan airtanah. Penanaman pohon 1 ha setara dengan pengendalian *runoff* 20 liter/detik sehingga sumur resapan lebih efektif 4 kali lipat dibandingkan vegetatif dan efeknya lebih cepat dan sangat baik untuk pemulihan airtanah (Arifjaya, 2008).

Penelitian ini dilakukan di daerah Babarsari, Kecamatan Depok, tepatnya di Kompleks Tambakbayan. Penelitian mengenai desain sumur resapan dilakukan di wilayah ini, mengingat bahwa perubahan penggunaan lahan di daerah Babarsari terjadi secara cepat dari fungsi kawasan hunian menjadi fungsi campuran yang kompleks, mengingat hal ini merupakan fenomena yang terjadi pada kawasan pinggiran Kota Yogyakarta (Sunaryo,2004). Perubahan penggunaan lahan yang cukup pesat akan membawa konsekuensi pada nilai *koefisien runoff* yang bertambah besar, sehingga meningkatkan aliran permukaan.

Penelitian ini bertujuan untuk:

- 1). menghitung intensitas hujan periode ulang 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, dan 50 tahun,
- 2). menghitung dan menganalisis klasifikasi kelas atap sebagai dasar penentuan desain sumur resapan di daerah penelitian,
- 3). menghitung dan menganalisis desain sumur resapan untuk masing-masing kelas atap di daerah penelitian.

Dimensi sumur resapan merupakan representasi dari nilai debit masukan (Q), permeabilitas (K), faktor geometrik (F), jari-jari sumur (r), dan waktu pengaliran (t). Nilai debit masukan (m^3/s) merupakan representasi dari luas atap bangunan (m^2), intensitas hujan (mm/jam), dan koefisien *runoff*. Disamping itu kedalaman muka airtanah juga menjadi faktor yang diperhitungkan dalam penentuan dimensi sumur resapan. Pada daerah dengan kedalaman muka airtanah yang dangkal, sumur resapan menjadi tidak efektif dibandingkan daerah dengan

kedalaman muka airtanah yang dalam. Oleh karena itu, dalam penentuan dimensi sumur resapan di daerah penelitian, luas atap bangunan, intensitas hujan periode ulang tertentu, permeabilitas, dan waktu pengaliran, dan kedalaman muka airtanah merupakan variabel yang mutlak diperhitungkan.

METODE PENELITIAN

Untuk menjawab tujuan pertama, yaitu menghitung intensitas hujan periode ulang 5, 10, 20, dan 50 tahun dilakukan dengan perhitungan hujan rancangan kemudian dilakukan analisis IDF (*Intensity Duration Frequency*) sesuai dengan durasi hujan yang dominan terjadi di daerah penelitian. Tujuan kedua, yaitu menghitung dan menganalisis klasifikasi kelas atap sebagai dasar penentuan desain sumur resapan di daerah penelitian dilakukan dengan digitasi *on-screen* pada citra Quickbird daerah penelitian yang di-*capture* dari Google Earth. Untuk mendapatkan hasil digitasi yang dapat dilakukan analisis lebih lanjut, dilakukan juga pengukuran atap bangunan di lapangan dengan metode *purposive sampling* pada masing-masing blok rumah. Dari hasil digitasi dan hasil pengukuran lapangan tersebut, dapat diperoleh nilai akurasi digitasi atap secara *on-screen* yang telah dilakukan sebelumnya. Tujuan ketiga, yaitu menghitung dan menganalisis desain sumur resapan untuk masing-masing kelas atap dilakukan dengan menggunakan metode Sunjoto, dimana variabel-

variabel seperti permeabilitas tanah, debit masukan, faktor geometrik, jari-jari sumur, dan durasi hujan dominan telah dihitung terlebih dahulu. Pengukuran permabilitas tanah dilakukan dengan metode invers auger hole berdasarkan kepadatan bangunan dan lereng. Pengukuran kedalaman muka airtanah dilakukan pada waktu siang hari, pukul 09.00-15.00, dengan asumsi bahwa pada saat itu penggunaan airtanah untuk keperluan sehari-hari lebih kecil dibandingkan waktu lain, sehingga didapatkan data dengan keadaan yang seragam.

Secara teoritis, volume dan efisiensi sumur resapan dapat dihitung berdasarkan keseimbangan air yang masuk ke dalam sumur dan air yang meresap ke dalam tanah (Sunjoto, 1988). Faktor geometrik yang digunakan dalam penelitian ini adalah 4RKH, karena letak sumur berada diatas muka airtanah.

$$H = \frac{Q}{FK} \left(1 - e^{-\frac{FKT}{\pi R^2}} \right)$$

Keterangan:

H : tinggi muka air dalam sumur (m)

F : faktor geometrik (m)

Q : debit air masuk (m³/dt)

T : waktu pengaliran (detik)

K: koefisien permeabilitas tanah (m/dt)

R : jari-jari sumur resapan (m)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Akuifer

Data primer mengenai kondisi geologi daerah penelitian menunjukkan bahwa formasi batuan daerah penelitian terdiri atas lempung, pasir, dan

kerikil.. Pasir dan kerikil merupakan akuifer, sedangkan lapisan atas yang berupa lempung berpasir merupakan *akuitard*, dan selingan berupa lempung merupakan *akuiclude*. *Akuitard* dan *akuiclude* merupakan jenis-jenis *semi confining layer*, sehingga dapat dikatakan bahwa tipe akuifer di daerah penelitian adalah akuifer semi tertekan (*semi confined layer*) atau akuifer bocor (*leaky akuifer*).

Debit Rancangan

Hasil uji Chi Square dan uji Smirnov Kolmogorov menunjukkan bahwa curah hujan Stasiun Adisucipto yang mengikuti distribusi Log Normal, yang berarti menghasilkan hasil yang baik. Hasil curah hujan rancangan menggunakan distribusi Log Normal pada periode ulang 5, 10, 20, dan 50 tahun menunjukkan adanya peningkatan curah hujan setiap periode ulang (Tabel 1).

Tabel 1. Curah hujan pada berbagai periode ulang

| Kala Ulang | Curah hujan (mm) |
|------------|------------------|
| 1 | 78,9 |
| 2 | 108,3 |
| 5 | 133,4 |
| 10 | 148,7 |
| 20 | 162,7 |
| 50 | 180,0 |

Sumber: Analisis data,2012

Hasil analisis hujan otomatis stasiun Santan tahun 2003-2009 menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki durasi hujan dominan selama satu jam. Tabel 2 menunjukkan

intensitas hujan rancangan untuk tiap-tiap periode ulang.

Tabel 2. Intensitas hujan selama satu jam pada berbagai periode ulang

| Periode Ulang (tahun) | Intensitas hujan (mm/jam) |
|-----------------------|---------------------------|
| 5 | 46,2 |
| 10 | 51,6 |
| 20 | 56,4 |
| 50 | 62,4 |

Sumber: Analisis data, 2012

Kelas Atap

Hasil cek lapangan dengan hasil digitasi diperoleh hasil akurasi rata-rata sebesar 0,86, yang berarti bahwa hasil digitasi memiliki tingkat kesalahan sebesar 14% dengan tingkat ketelitian sebesar 86%. Klasifikasi kelas atap daerah penelitian disajikan dalam Tabel 3. Luas atap bangunan yang didapatkan dari hasil digitasi (*on screen*) citra *google earth* dan hasil cek lapangan menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki luas atap bangunan rumah yang bervariasi. Luas atap bangunan tersebut berkisar dari 21-500 m². Karena luas atap bangunan yang bervariasi tersebut, luas atap bangunan utama hanya dibatasi pada luas atap bangunan sebesar 21, 36, 40, 45, 54, 60, 70, dan 80 m².

Frekuensi kelas atap yang dominan di daerah penelitian terdapat pada kelas atap 81-100 m², yaitu sebanyak 71 buah, sebaliknya tidak ditemukan kelas atap 37-40 m² di daerah penelitian. Selain kedelapan kelas atap tersebut, masih terdapat kelas atap yang memiliki luas >100 m². Sebagian besar rumah di daerah penelitian didominasi oleh luas atap >100 m².

Distribusi spasial kelas atap menunjukkan bahwa tiap-tiap kelas atap tidak terdistribusi secara mengelompok, melainkan tersebar di seluruh daerah penelitian.

Tabel 3. Klasifikasi dan frekuensi kelas Atap

| No | Kelas Atap (m ²) | Frekuensi |
|----|------------------------------|-----------|
| 1 | 21-36 | 14 |
| 2 | 37-40 | 0 |
| 3 | 41-45 | 5 |
| 4 | 46-54 | 16 |
| 5 | 55-60 | 18 |
| 6 | 61-70 | 25 |
| 7 | 71-80 | 28 |
| 8 | 81-100 | 71 |

Sumber: Analisis data, 2012

Debit Masukan

Hasil perhitungan debit masukan menunjukkan bahwa semakin besar luas atap, maka akan menghasilkan debit masukan yang semakin besar. Selain itu, debit pada luas atap yang sama, namun dengan periode ulang yang berbeda akan menghasilkan debit masukan yang semakin besar (Tabel 4). Hal ini berarti bahwa nilai periode ulang akan mempengaruhi debit masukan pada luas atap yang nilainya sama, yang disebabkan oleh nilai intensitas hujan yang semakin meningkat pula seiring dengan besarnya periode ulang yang digunakan.

Permeabilitas Tanah

Sampel permeabilitas kelas bangunan kerapatan tinggi memiliki nilai permeabilitas yang lebih rendah karena adanya *akuitard*, yaitu

lempung yang mampu menyimpan air dalam jumlah banyak, namun sedikit melalukannya. Secara keseluruhan dari sampel-sampel permeabilitas yang ada, daerah penelitian memiliki nilai permeabilitas sebesar 7,3 m/hari atau $8,4 \times 10^{-5}$ m/s. Berdasarkan tabel klasifikasi nilai permeabilitas menurut Morris dan Johnson, nilai permeabilitas sebesar 7,3 m/hari adalah nilai permeabilitas untuk material pasir halus-sedang.

Tabel 4. Debit masukan pada berbagai periode ulang

| Luas atap (m ²) | Q pada Kala Ulang (m ³ /s) | | | |
|-----------------------------|---------------------------------------|---------|---------|---------|
| | 5 | 10 | 20 | 50 |
| 21 | 0,00023 | 0,00026 | 0,00028 | 0,00031 |
| 36 | 0,00039 | 0,00044 | 0,00048 | 0,00053 |
| 40 | 0,00044 | 0,00049 | 0,00053 | 0,00059 |
| 45 | 0,00049 | 0,00055 | 0,0006 | 0,00066 |
| 54 | 0,00059 | 0,00066 | 0,00072 | 0,0008 |
| 60 | 0,00066 | 0,00073 | 0,0008 | 0,00088 |
| 70 | 0,00076 | 0,00085 | 0,00093 | 0,00103 |
| 80 | 0,00087 | 0,00098 | 0,00107 | 0,00118 |
| 100 | 0,00109 | 0,00122 | 0,00133 | 0,00147 |

Sumber: Analisis data, 2012

Kedalaman Muka Airtanah

Sama halnya dengan nilai permeabilitas, daerah penelitian juga memiliki kedalaman muka airtanah yang bervariasi dari 0,3-16 meter, dengan rata-rata kedalaman muka airtanah sebesar 10,4 m. Kedalaman muka airtanah yang mendominasi di daerah penelitian berada pada rentang 10-11 m. Penurunan airtanah terjadi di sebagian wilayah daerah penelitian, dimana direpresentasikan dengan kontur kedalaman muka airtanah yang membulat. Hal ini dapat terjadi karena

padatnya pemukiman di wilayah tersebut, serta dipacu oleh penggunaan lahan berupa kost, yang pada umumnya memompa airtanah lebih banyak dibandingkan dengan rumah.

Sumur Resapan

Desain sumur resapan tersebut merupakan representasi dari nilai debit masukan (Q), permeabilitas (K), faktor geometrik (F), jari-jari sumur (r), dan waktu pengaliran (t). Pembuatan desain sumur resapan tersebut menggunakan jari-jari sumur 0,5 m. Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5, semakin besar luas atap bangunan, maka kedalaman sumur resapan juga akan mengalami peningkatan, sehingga dapat dikatakan bahwa antara luas atap bangunan dengan kedalaman sumur resapan memiliki hubungan yang linier.

Tabel 5. Kedalaman sumur resapan pada berbagai periode ulang

| Luas atap (m ²) | Kedalaman sumur pada Periode Ulang (m) | | | |
|-----------------------------|--|-----|-----|-----|
| | 5 | 10 | 20 | 50 |
| 21-36 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,7 |
| 37-40 | 1,4 | 1,6 | 1,7 | 1,9 |
| 41-45 | 1,6 | 1,8 | 1,9 | 2,1 |
| 46-54 | 1,9 | 2,1 | 2,3 | 2,5 |
| 55-60 | 2,1 | 2,3 | 2,6 | 2,8 |
| 61-70 | 2,4 | 2,7 | 3,0 | 3,3 |
| 71-80 | 2,8 | 3,1 | 3,4 | 3,8 |

Sumber: Analisis data, 2012

Semakin besar luas atap bangunan dan intensitas hujan, akan mempengaruhi besar debit masukan (Q). Selain itu, setiap periode ulang terjadi peningkatan kedalaman sumur

resapan, sehingga terdapat pengaruh antara periode ulang yang digunakan dengan kedalaman sumur resapan.

Apabila hujan turun di daerah penelitian selama satu jam dengan intensitas 57,8 mm/jam, maka dalam waktu satu jam tersebut akan menghasilkan *runoff* sebesar 5504,7 m³. Nilai debit *runoff* tersebut sangatlah besar dan hanya disumbang dari komponen luas atap bangunan. Dengan adanya sumur resapan dengan desain tertentu, dapat meminimalisir *runoff* yang berasal dari air hujan yang jatuh ke atap, sehingga berdampak pada pengisian airtanah yang dapat berlangsung dengan baik.

Volume air hujan yang masuk ke dalam sumur resapan

Volume air hujan yang masuk ke dalam sumur resapan merupakan fungsi dari komponen kedalaman sumur resapan (H), faktor geometrik (F), permeabilitas (K), debit masukan (Q), dan waktu (T). Selama waktu satu jam (durasi hujan dominan) pada periode ulang tertentu, sumur resapan dapat menampung dengan baik air hujan yang jatuh dari atap. Dalam hal ini, sumur tidak mengalami luber keluar mulut sumur resapan (Tabel 6). Kedalaman sumur pada periode ulang 10 tahun dengan luas atap 80 m² adalah sebesar 3,1 m. Volume sumur resapan adalah sebesar 2,43 m³ (volume tabung), sehingga sumur resapan tidak mengalami luber keluar mulut sumur karena volume keseimbangan air di dalam sumur adalah 1,6 m³.

Tabel 6. Volume air yang dapat ditampung sumur resapan

| Luas atap (m ²) | Volume air yang dapat ditampung pada Periode Ulang (m ³) | | | |
|-----------------------------|--|-----|-----|-----|
| | 5 | 10 | 20 | 50 |
| 21-36 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| 37-40 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| 41-45 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 |
| 46-54 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 |
| 55-60 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,5 |
| 61-70 | 1,3 | 1,4 | 1,6 | 1,7 |
| 71-80 | 1,5 | 1,6 | 1,8 | 2,0 |
| 81-100 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,5 |

Sumber: Analisis data, 2012

KESIMPULAN

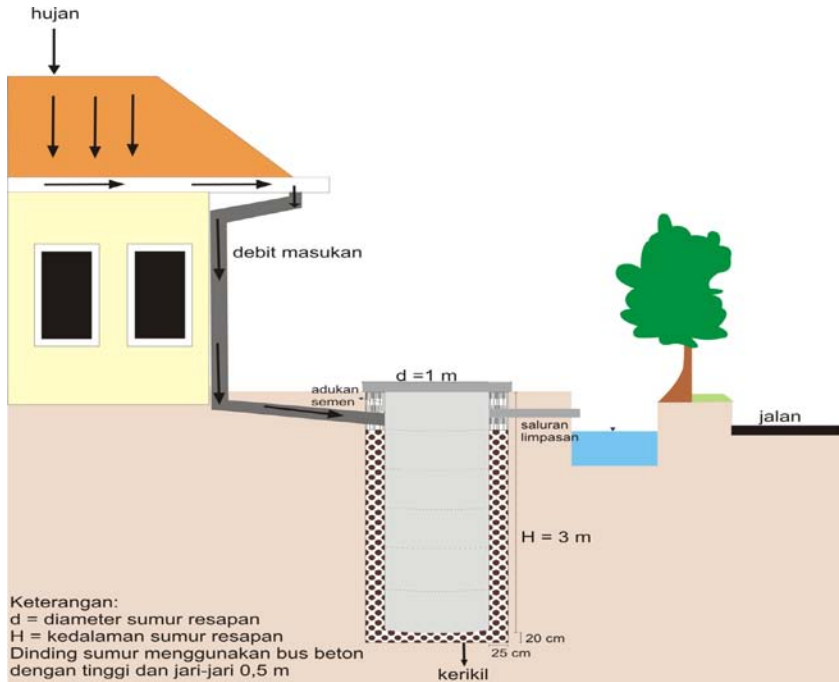
Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Curah hujan daerah penelitian mengikuti distribusi Log Normal. Hasil intensitas hujan rancangan untuk periode 5 tahun, 10 tahun, 20 tahun, dan 50 tahun berturut-turut adalah 46,2; 51,6; 56,4; dan 62,4 mm/jam.
2. Kelas atap ditentukan berdasarkan hasil digitasi dan hasil lapangan. Hasil cek lapangan dengan hasil digitasi diperoleh hasil akurasi rata-rata sebesar 0,86, yang berarti bahwa hasil digitasi memiliki tingkat kesalahan sebesar 14% dengan tingkat ketelitian sebesar 86%. Dari hal tersebut diperoleh 8 kelas klasifikasi kelas atap, yaitu 21-36, 37-40, 41-45, 46-54, 55-60, 61-70, 71-80, dan 81-100 m² yang terdistribusi menyebar di daerah penelitian.
3. Desain sumur resapan tersebut merupakan representasi dari nilai

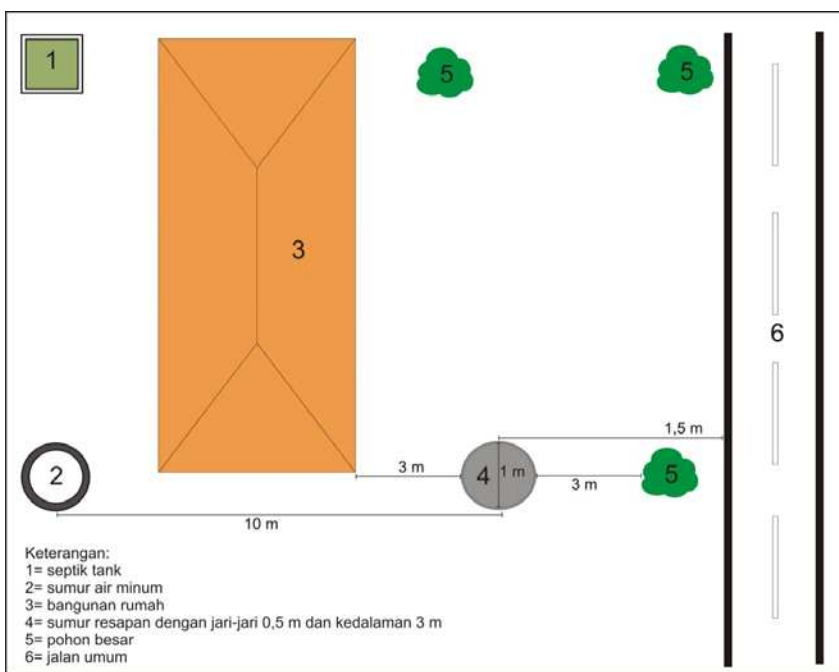
debit masukan (Q), permeabilitas (K), faktor geometrik (F), jari-jari sumur (r), dan waktu pengaliran (t). Kedalaman sumur resapan dengan luas atap bangunan 21-36, 37-40, 41-45, 46-54, 55-60, 61-70, 71-80, dan 81-100 m² berturut-turut yaitu, **periode ulang 5 tahun**: 1,3; 1,4; 1,6; 1,9; 2,1; 2,4; 2,8; dan 3,5 m, **periode ulang 10 tahun**: 1,4; 1,6; 1,8; 2,1; 2,3; 2,7; 3,1; dan 3,9 m, **periode ulang 20 tahun**: 1,5; 1,7; 1,9; 2,3; 2,6; 3,0; 3,4; dan 4,3 m, dan **periode ulang 50 tahun**: 1,7; 1,9; 2,1; 2,5; 2,8; 3,3; 3,8; dan 4,7 m. Pada kasus luas atap yang lebih dari 100 m², dapat dibuat sumur resapan dengan model paralel. Distribusi spasial dimensi sumur resapan mengikuti kelas atapnya, yaitu menyebar di daerah penelitian, sehingga tidak mudah melakukan zonasi kedalaman sumur resapannya.

DAFTAR PUSTAKA

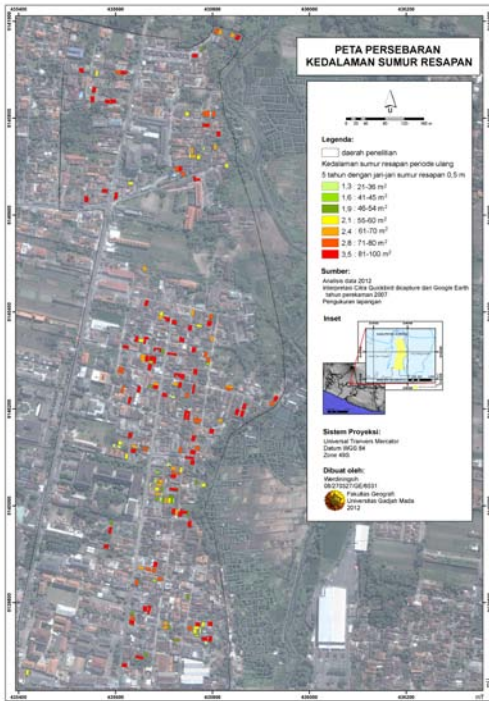
- Arifjaya NM. 2008. *Desain sumur resapan di Jakarta Barat dalam rangka pengendalian banjir Gerhan 2008. Dalam: Sosialisasi Pembuatan Sumur Resapan Gerhan 2008*. Bogor: Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Firdaus, Arnold (1999). *Perubahan Penggunaan Lahan di Kawasan Tumbuh Cepat di Sekitar Arteri Primer : Kasus Kawasan Babarsari*. tidak diterbitkan. *Tesis*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Harto, Sri. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Kusnaedi. 2011. *Sumur Resapan Untuk Pemukiman Perkotaan dan Pedesaan*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Marfai,A. 2005. Krisis Air, Tantangan Manajemen Sumberdaya Air, Dalam: *Makalah Seminar Sehari Hidrologi Banjir dan Kekeringan*. Jakarta.
- Media Indonesia. 19 Maret 2004. *Cegah Banjir dan Kekeringan*. SNI 06-2459-2002. *Spesifikasi Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Pekarangan*.
- Sosrodarsono dan Takeda. 1977. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: Pradyna Paramita.
- Suharyadi. 2008. *Kajian Karakteristik Kepadatan Pemukiman dan Bangunan Memanfaatkan Citra Satelit Quickbird di daerah Perkotaan Yogyakarta. Laporan Penelitian*. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- Sunjoto. 1989. Teknik Konservasi Air Pada Kawasan Pemukiman. *Jurnal Media Teknik*, 2, tahun XI April, hal. 76-82.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi.
- Sutanto,B.R. 1992. *Disain Sumur Peresapan Air Hujan*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Todd.1980. *Groundwater Hydrology Second Edition*. John Wiley and Sons: New York Chichester Brisbane Torontos.



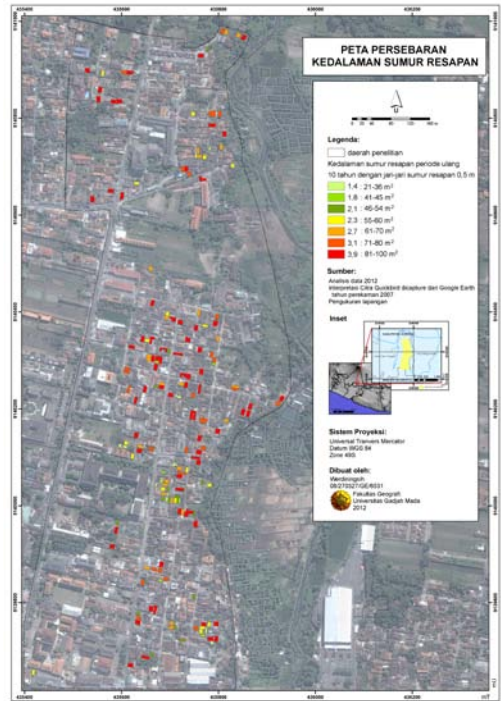
Gambar 1. Contoh desain sumur resapan pada kelas atap 61-70 m², periode ulang 20 tahun (Sumber: Analisa data, 2012)



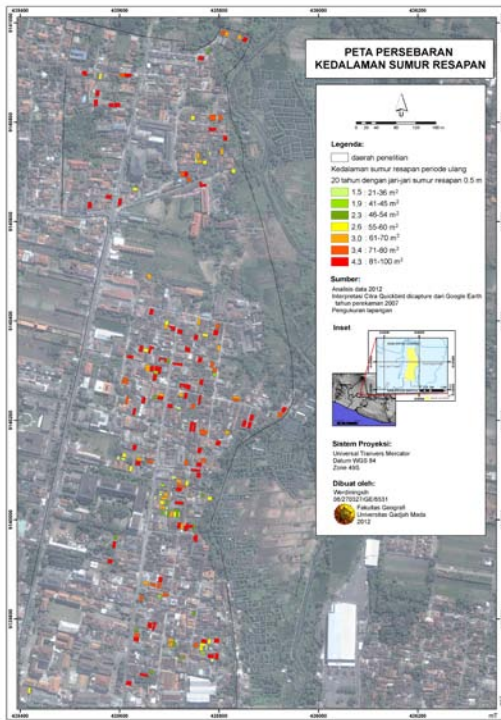
Gambar 2. Contoh desain sumur resapan pada kelas atap 61-70 m², periode ulang 20 tahun dengan jarak minimum terhadap bangunan lainnya, tampak atas (Sumber: Analisa data, 2012)



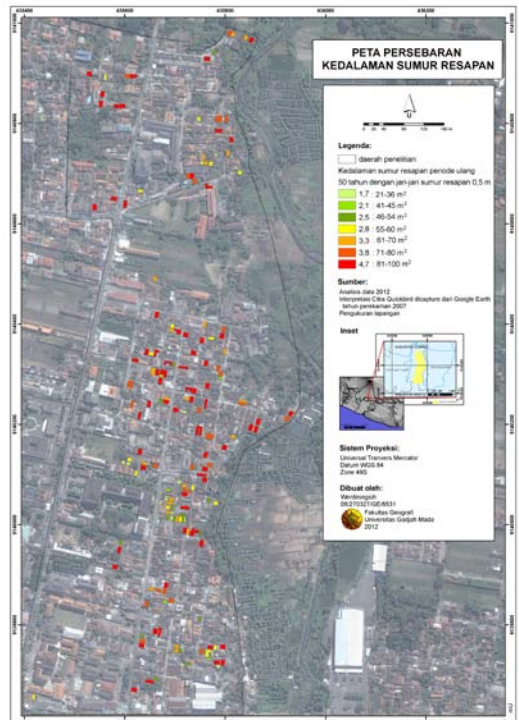
Gambar 3. Peta persebaran kedalaman sumur resapan periode ulang 5 tahun



Gambar 4. Peta persebaran kedalaman sumur resapan periode ulang 10 tahun



Gambar 5. Peta persebaran kedalaman sumur resapan periode ulang 20 tahun



Gambar 6. Peta persebaran kedalaman sumur resapan periode ulang 50 tahun