

## MODEL KERUANGAN KONSERVASI SUMBER DAYA AIR TANAH MENGUNAKAN PENDEKATAN BENTUK LAHAN DI LERENG SELATAN GUNUNGAPI MERAPI

### SPATIAL MODEL FOR GROUND WATER CONSERVATION BASED ON LANDFORM APPROACH IN THE SOUTHERN FLANK OF MERAPI VULCANO

Bambang Hargono<sup>1)</sup>, Sartohadi, J.<sup>2)</sup>, Pramonohadi, M.<sup>3)</sup>, Setiawan, B.<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>Pusat Litbang Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum

<sup>2,3)</sup>Department of Environmental Geography, Universitas Gajah mada

<sup>4)</sup>Department of Architecture and Planning Engineering, Universitas Gajah Mada

E-mail: bambang.hargono@gmail.com

Diterima: 18 Juni 2014 ; Disetujui: 30 Oktober 2014

#### ABSTRAK

Wilayah Perkotaan Yogyakarta memiliki penduduk terpadat dan terbanyak. Kondisi tersebut menyebabkan kebutuhan akan air yang tinggi. Walaupun daerah lereng selatan Gunung Merapi memiliki curah hujan yang tinggi, penurunan muka air tanah sudah berlangsung lama dengan intensitas rata-rata mencapai 30 cm setiap tahun. Untuk itu diperlukan konservasi sumberdaya air di wilayah Perkotaan Yogyakarta. Tujuan dari penelitian ini yang pertama adalah untuk mengetahui model wilayah hidrologis berdasarkan bentuk lahan untuk mengetahui neraca air di sebagian lereng selatan Gunungapi Merapi, yang kedua, untuk mengetahui wilayah yang kekurangan air, dan kapan terjadinya, dan yang terakhir, menyusun rekomendasi mengenai konservasi yang diperlukan untuk mengatasi kekurangan air di sebagian lereng Selatan Gunungapi Merapi. Metode yang digunakan adalah penentuan wilayah lokasi penelitian berdasarkan satuan bentuk lahan, dan interfluv sungai, analisis ketersediaan air, perhitungan neraca air dan kapan terjadi kekurangan air, dan analisis untuk menentukan upaya konservasi. Berdasarkan hasil analisis, masih terdapat kekurangan air di beberapa wilayah Perkotaan Yogyakarta pada periode tertentu dengan asumsi kebutuhan air 120 L/orang/hari dan 50 L/orang/hari. Upaya konservasi yang diusulkan adalah melakukan manajemen air hujan.

**Kata Kunci:** Bentuk lahan, neraca air, kekritisian air, air tanah, manajemen hujan

#### ABSTRACT

The urban City of Yogyakarta is the most densely populated with the highest number of population in the southern flank of Merapi Volcano, with the consequence of the highest water requirement. The southern flank of Merapi Volcano is an area with very high intensity of precipitation, however declining of groundwater table has occurred for quite of years with an average annual rate up to 30 cm. It is therefore, groundwater conservation effort is required. This research is aimed at; 1) constructing a hydrology spatial model based on landform approach on the research area to understand the water balance; 2) to find the area suffering from water scarcity and when the scarcity occurs; and 3) recommendation on groundwater conservation effort to overcome the water scarcity. The methods applied are to make a spatial model of the research area based on landforms and interfluves, water availability analysis, water balance analysis to find where and when the scarcity occurs, and the analysis for water conservation. The research area is naturally divided into 12 unit areas. The analysis has shown which unit areas, and when the water scarcity occur using water requirements of 120 liter/capita/day and 50 liter/capita/day. The proposed conservation efforts are applying rainstorm management.

**Keywords:** Spatial model, landforms, water scarcity, ground water, rainstorm management microcatchment

## PENDAHULUAN

Lokasi penelitian yang terletak di Perkotaan Yogyakarta merupakan suatu wilayah perkotaan yang padat penduduk dengan populasi yang tinggi. Wilayah ini terletak di lereng bagian selatan Gunung Api Merapi, yang secara morfologis berada pada bentuk lahan-bentuk lahan lereng kaki gunung api, dataran kaki gunung api, dan dataran fluvial Gunung Api Merapi. Secara hidrologis, lokasi penelitian berada pada cekungan air tanah Yogyakarta. Wilayah penelitian Perkotaan Yogyakarta dilalui oleh lima buah sungai: Sungai Bedog, Sungai Winongo, Sungai Code, Sungai Gadjahwong, dan Sungai Tambakboyo. Daerah diantara Sungai Bedog dan Sungai Tambakboyo merupakan daerah yang padat penduduk. Pengamatan terhadap Citra Google tahun 2010 menunjukkan bahwa di luar batas kedua sungai tersebut, kepadatan penduduk sudah berkurang, sehingga wilayah penelitian ditetapkan berada di antara kedua sungai terluar tersebut.

Kondisi litologi wilayah penelitian merupakan material piroklastis dan turunannya yang memiliki porositas tinggi, sehingga memungkinkan terjadinya imbuhan yang tinggi ke dalam akuifer yang mensuplai air tanah. Penduduk Yogyakarta, 80% diantaranya menggunakan sumur gali. Kepadatan di wilayah studi mencapai 1.601 jiwa/km<sup>2</sup> di Kabupaten Sleman, 12.114 jiwa/km<sup>2</sup> di Kota Yogyakarta, dan 1.570 jiwa/km<sup>2</sup> di Kabupaten Bantul. Gambar 1 merupakan interpretasi citra satelit Google tahun 2010 yang menunjukkan distribusi infrastruktur pemukiman yang dapat diinterpretasikan sebagai daerah berpenduduk terpadat dan terbanyak, yang kemudian mengarahkan lokasi penelitian untuk difokuskan ke Perkotaan Yogyakarta.

Penurunan muka air tanah sudah terjadi, tetapi penduduk tidak menyadari akan kekurangan air yang terjadi, karena masih selalu mendapatkan air. Pola yang dilakukan ketika menghadapi kekeringan adalah melakukan pendalaman sumur. Berdasarkan data pengamatan dari kantor Badan Lingkungan Hidup Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), dari tahun 2002 sampai dengan 2008, penurunan yang telah terjadi mencapai 0,93 m atau kira-kira 15 cm/tahun di sebelah hulu yakni di Kabupaten Sleman, dan 1,75 m di hilir setara dengan kira-kira 30 cm/tahun, yakni di Kota Yogyakarta dan Kabupaten Bantul. Data lain menunjukkan penurunan sebesar 10 m dalam 3 tahun akibat pemompaan air tanah untuk keperluan hotel di Ngaglik, di sebelah utara Kota Yogyakarta (Putra, 2002).

Bentuk lahan adalah konfigurasi permukaan bumi yang memiliki relief khas yang dikontrol oleh struktur geologi dan terbentuk akibat proses

geomorfologi yang bekerja pada batuan induk yang terjadi pada ruang dan kurun waktu tertentu (Verstappen, 1983). Bentuk lahan ditentukan oleh topografi dan relief, struktur dan batuan, serta proses-proses pembentukannya. Bentuk lahan mampu menunjukkan karakteristik hidrologi suatu wilayah. Susunan geomorfologi berupa geologi dan topografi akan menentukan kondisi batas yang menunjukkan karakter hidrologi jangka pendek dan lokal, serta perubahan geomorfologi seperti erosi, transportasi sedimen, dan pengendapan sedimen (Sartohadi, 2007).

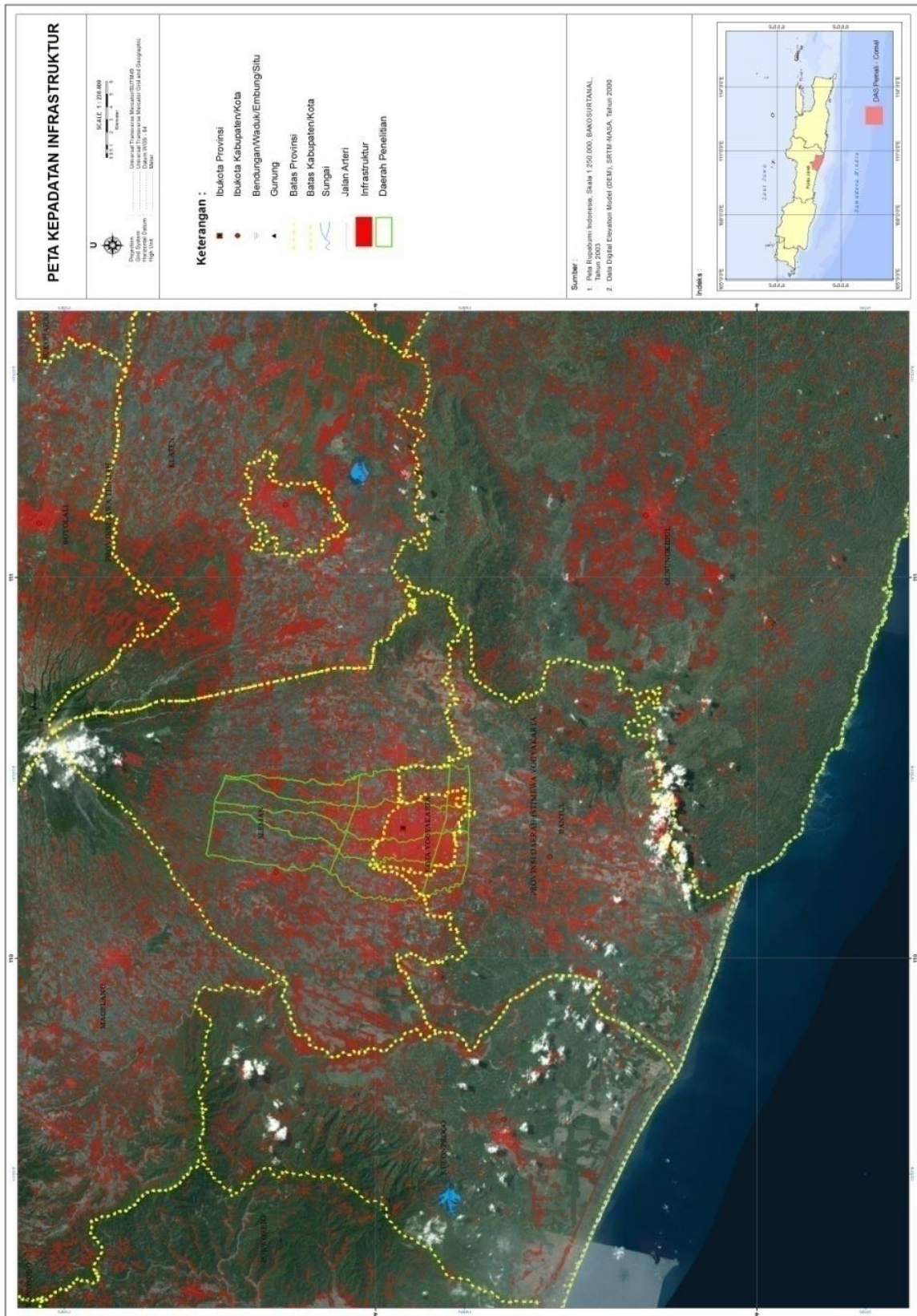
Wilayah studi memiliki topografi yang relatif datar antara 0,30 – 1,50, dengan didukung oleh curah hujan, setebal 2300 mm per tahun, serta permeabilitas tanah yang tinggi seharusnya memiliki air tanah yang relatif dangkal dan stabil. Penurunan muka air tanah yang masih terjadi menunjukkan ketidakseimbangan antara ketersediaan air dan pemanfaatan air oleh penduduk.

Kondisi penurunan muka air tanah perlu diatasi karena semakin meningkatnya jumlah penduduk menyebabkan peningkatan pengambilan air tanah. Pembangunan perkotaan dan kegiatan penduduk mengakibatkan memadatnya tanah, keberadaan infrastruktur, diantaranya adalah permukiman dan jalan, semakin menghambat infiltrasi air hujan ke dalam tanah (Department of Environmental Resources, 1999).

## KAJIAN PUSTAKA

Penelitian air tanah di lereng selatan Gunungapi Merapi juga pernah dilakukan oleh MacDonald & Partners (1984). Tujuan penelitian ini diantaranya untuk melakukan survei dan identifikasi daerah-daerah yang berpotensi sebagai sumber pengambilan air tanah di Cekungan Yogyakarta; memperkirakan potensi pengembangan air tanah di Daerah Istimewa Yogyakarta, dan memperkirakan kebutuhan air untuk irigasi, penyediaan air rumah tangga untuk daerah perkotaan dan perdesaan, untuk industri dan peruntukan lainnya; serta menyiapkan rencana jangka panjang untuk pengembangan air tanah di DIY. Berdasarkan studi MacDonald, penurapan air tanah secara aman tanpa melakukan upaya konservasi bisa dilakukan dengan memompa 3,5 sampai 4 m<sup>3</sup>/s di lereng antara ketinggian +500 m ke bawah sampai saluran Mataram. Di sebelah hilir saluran Mataram pemompaan air tanah dengan aman bisa dilakukan sampai 8 m<sup>3</sup>/s.

MacDonald juga menyatakan bahwa akuifer Yogyakarta berfungsi dengan bagus, ditandai sungainya yang mengalirkan air sepanjang tahun.



Gambar 1. Wilayah Penelitian difokuskan di Perkotaan Yogyakarta.

Karakteristik geomorfologi suatu daerah aliran sungai memiliki peran yang besar dalam analisis pemodelan hidrologis (Silva, dkk., 2009). Analisis neraca air biasa dilakukan pada suatu daerah aliran sungai (DAS). DAS pada umumnya bisa dibagi menjadi satuan-satuan geomorfologi yang berupa bentuk lahan. Bentuk lahan yang spesifik, mempunyai karakteristik yang memungkinkan suatu proses hidrologi terjadi dalam suatu siklus yang memungkinkan neraca air dapat dianalisis dalam model keruangan berdasarkan bentuk lahan (Sartohadi, 2007). Bentuk lahan merupakan bentukan di permukaan bumi sebagai hasil dari perubahan bentuk permukaan bumi oleh proses-proses geomorfologi. Bentuk lahan ditentukan oleh topografi dan relief, struktur dan jenis batuan, serta proses-proses pembentukannya. Lereng gunungapi terbagi dalam bentuk lahan-bentuk lahan kawah gunungapi, kaldera, kerucut gunungapi, lereng, lereng kaki, dataran kaki, dan dataran fluvial gunungapi (Widiyanto, 1999). Perkotaan Yogyakarta terletak pada bentuk lahan lereng kaki, dataran kaki, dan dataran fluvial gunungapi.

Model keruangan merupakan suatu model yang mewakili gambaran permukaan bumi dengan karakteristik yang diperlukan. Model keruangan diharapkan bisa menggambarkan representasi ilmu kebumihutan yang meliputi unsur-unsur geologi, hidrologi, dan meteorologi yang terdiri dari lapisan-lapisan batuan, air, dan udara, keberadaan unsur-unsur tersebut, distribusinya, proses terjadinya secara fisika dan kimia, sifat-sifat mekanisnya, susunan strukturnya dan timbalbaliknya. Untuk pembahasan interaksi lingkungan dari unsur-unsur tersebut, bahasan perlu dilengkapi dengan aspek penggunaan lahan, tutupan lahan, dan aspek sosial dari kegiatan manusia yang hidup di atasnya (Sen, 2009).

Hujan dan evapotranspirasi menjadi masukan dalam model hujan limpasan NRECA yang memprosesnya menjadi besaran-besaran limpasan langsung yang melalui permukaan tanah dan lapisan tanah tak jenuh, dan limpasan air tanah pada lapisan tanah jenuh atau akuifer, disamping tersimpan sebagai air tanah (Crawford et al., 1981). Besaran-besaran yang dihasilkan tergantung pada parameter-parameter daerah aliran sungai atau lahan yang dilaluinya. Parameter yang penting diantaranya adalah PSUB, yakni porsi kelebihan kelengkapan tanah yang berperkolasi menjadi air tanah, dan GWF, suatu parameter yang menunjukkan tingkat pelepasan airtanah dari akuifer menuju ke perairan bebas. Apabila parameter-parameter suatu DAS sudah didapatkan, analisis model hujan limpasan NRECA untuk mendapatkan produksi aliran dasar dan aliran limpasan hanya tergantung kepada besarnya hujan

dan luas wilayah yang ditinjau. Sifat model NRECA yang demikian menyebabkan model hujan limpasan ini bisa digunakan untuk menganalisis satuan wilayah hidrologi yang merupakan bagian dari DAS atau satuan bentuk lahan yang tidak sepenuhnya menjadi DAS.

Kekurangan air dan kekritisan ketersediaan air dinyatakan dalam persen kebutuhan air terhadap ketersediaannya. Ada lima klasifikasi kekritisan ketersediaan air dimulai dari tidak kritis apabila kebutuhan air kurang dari 25% ketersediaannya, kritis ringan apabila kisarannya mulai dari 25% sampai 50%, kritis sedang untuk kisaran 50% sampai 75%, dan kritis berat mulai 75% sampai 100%. Apabila kebutuhan atau penggunaan air melebihi ketersediaan, sehingga angka persennya lebih dari 100%, disebut kekurangan air (Hatmoko, dkk., 2012).

Upaya memanfaatkan air dengan cara meresapkannya ke dalam tanah tercatat sudah dilakukan sejak 2000 tahun sebelum Masehi di Gurun Negev di Israel dan Jordan. Upaya yang dilakukan adalah membentuk lahan yang dilengkapi pematang, kemiringan, parit-parit pengarah sehingga air hujan atau air genangan bisa terkumpul pada daerah yang ditanami dan meresap ke lapisan perakaran untuk mengairi tanaman sehingga efektif untuk tanaman tersebut dan mengurangi penguapan. Lahan tersebut disebut microcatchment (Fidelibus and Bainbridge, 2014, dan Post, 2004). Pada penelitian ini, istilah microcatchment digunakan dengan cara yang sama yakni meresapkan air, tetapi digunakan untuk meresapkan air hujan dalam upaya konservasi sumberdaya air tanah dangkal, dalam rangka mengisi sumur penduduk. Microcatchment digunakan sebagai satu satuan hidrologi untuk perencanaan dan pengawasan pembangunan lahan di dalam microcatchment agar fungsi hidrologis bisa berlangsung stabil, tidak berubah dari sebelum ke sesudah pembangunan.

## METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan metode survei melalui pendekatan lingkungan. Pendekatan lingkungan berorientasi ekologis dengan mempertimbangkan segi fisik dan sosial, yaitu bagaimana mempertahankan sumberdaya air tanah tetap lestari meskipun digunakan secara maksimal untuk kepentingan penduduk. Pendekatan ekologis menekankan pada tinjauan ruang sebagai satu kesatuan ekosistem, dimana komponen ruang saling terkait dan berpengaruh.

Analisis terhadap beberapa citra satelit dilakukan dengan didukung analisis terhadap peta-

peta. Citra Google tahun 2010 untuk seluruh lereng selatan Gunungapi Merapi digunakan untuk mendeliniasi wilayah penelitian dengan menginterpretasikan kepadatan infrastruktur sebagai daerah-daerah dengan kepadatan penduduk yang tinggi. Interpretasi wilayah penelitian sebagai wilayah yang padat penduduk juga dilakukan berdasarkan Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dalam format digital skala 1:250.000, yang diterbitkan pada tahun 1999. Keberadaan pemukiman dan gedung-gedung pada Peta RBI mendukung analisis terhadap Citra Google 2010 dalam mendeliniasi wilayah penelitian.

Citra SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), digunakan untuk menginterpretasikan adanya tekuklereng yang membatasi bentuk lahan, dan mendeliniasi sungai-sungai yang melalui wilayah penelitian. Citra Quickbird 2010 digunakan untuk menginterpretasikan porsi atau luas penggunaan lahan, terutama keberadaan infrastruktur yang dapat menghambat infiltrasi air hujan ke dalam tanah. Interpretasi terhadap citra satelit, disamping dibantu dengan Peta RBI tahun 1999, juga didukung oleh Peta Cekungan Air tanah, dan Peta Geologi.

Citra SRTM dan Peta RBI memperjelas keberadaan 5 buah sungai di wilayah penelitian. Kelima sungai yang melintasi wilayah penelitian Perkotaan Yogyakarta mengalir kurang lebih sejajar dari hulu ke hilir membentuk empat *interfluves*, yakni daerah di antara dua sungai. Berdasarkan studi oleh Sudarmadji (1991), sifat air tanah di Perkotaan Yogya adalah effluent, airtanah mengalir dari daratan ke sungai. Teknik pengambilan data primer adalah dengan membagi wilayah penelitian berdasarkan tumpang-susun antara ketiga bentuk lahan dan empat zona *interfluves* yang menghasilkan 12 satuan wilayah penelitian. Kemudian pada masing-masing satuan wilayah penelitian diambil sampel dengan mempertimbangkan penggunaan lahan. Analisis data dilakukan secara kuantitatif dengan perhitungan maupun secara kualitatif menggunakan satuan wilayah sebagai satuan analisis.

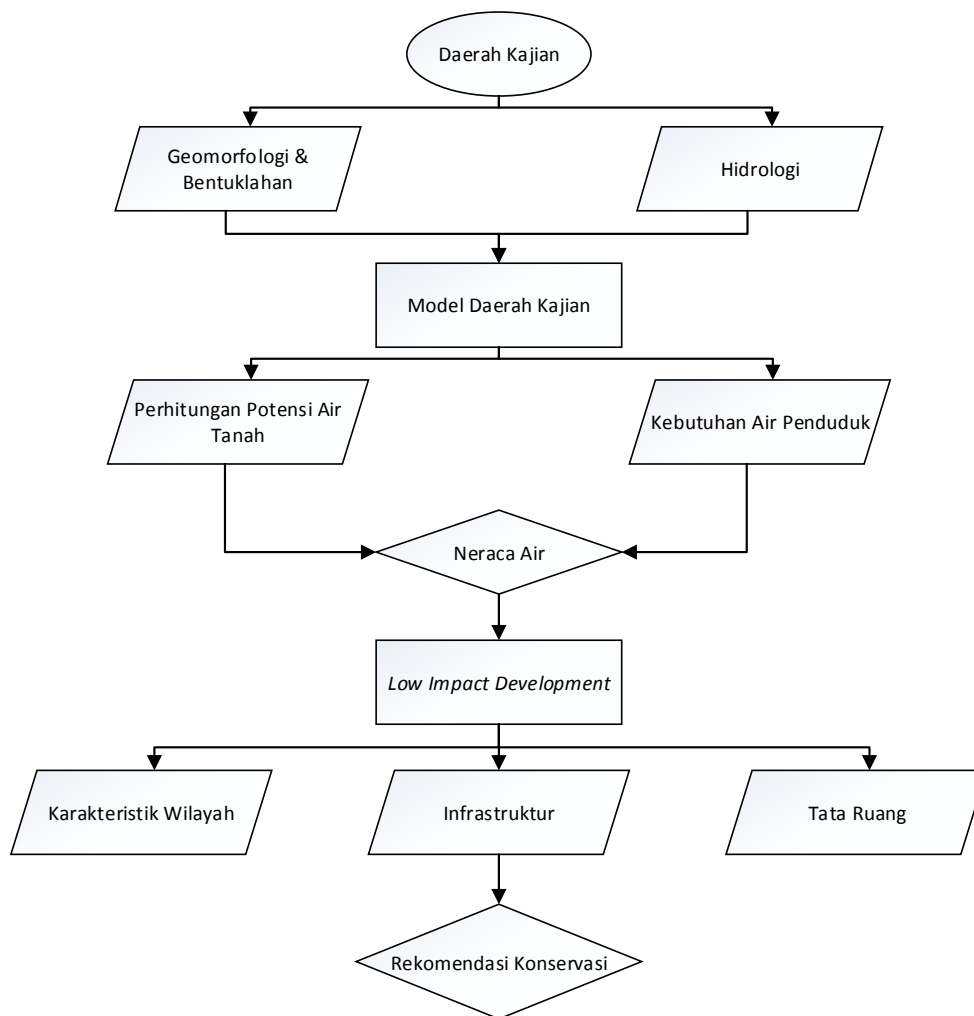
Beberapa tahapan metode yang dilakukan adalah: 1) Penyusunan model keruangan wilayah hidrologis, mencakup identifikasi satuan bentuk lahan, identifikasi zona *interfluve*, dan satuan wilayah penelitian, dengan asumsi bahwa daerah terpadat memerlukan upaya konservasi sumberdaya air paling tinggi.

2) Penentuan wilayah kekurangan air; metode yang digunakan adalah membandingkan antara kebutuhan dan ketersediaan air di setiap satuan wilayah penelitian, untuk ditetapkan tingkat kekritisitas atau kekurangan airnya. Kebutuhan air

dihitung berdasarkan angka kebutuhan air sebanyak 50 dan 120 liter/orang/hari, dan menggunakan data penduduk berdasarkan data PODES (Potensi Desa) tahun 2010; 3) Analisis berdasarkan perhitungan neraca air terkait upaya konservasi yang mungkin untuk dilakukan. Kerangka pemikiran penelitian ini tersaji dalam Gambar 2. Teknik pengambilan data primer adalah dengan membagi wilayah penelitian berdasarkan tumpang-susun antara ketiga bentuk lahan dan empat zona *interfluves* yang menghasilkan 12 satuan wilayah penelitian. Kemudian pada masing-masing satuan wilayah penelitian diambil sampel dengan mempertimbangkan penggunaan lahan. Analisis data dilakukan secara kuantitatif dengan perhitungan maupun secara kualitatif menggunakan satuan wilayah sebagai satuan analisis.

Beberapa tahapan metode yang dilakukan adalah: 1) Penyusunan model keruangan wilayah hidrologis, mencakup identifikasi satuan bentuk lahan, identifikasi zona *interfluve*, dan satuan wilayah penelitian, dengan asumsi bahwa daerah terpadat memerlukan upaya konservasi sumberdaya air paling tinggi. 2) Penentuan wilayah kekurangan air; metode yang digunakan adalah membandingkan antara kebutuhan dan ketersediaan air di setiap satuan wilayah penelitian, untuk ditetapkan tingkat kekritisitas atau kekurangan airnya. Kebutuhan air dihitung berdasarkan angka kebutuhan air sebanyak 50 dan 120 liter/orang/hari, dan menggunakan data penduduk berdasarkan data PODES (Potensi Desa) tahun 2010; 3) Analisis berdasarkan perhitungan neraca air terkait upaya konservasi yang mungkin untuk dilakukan. Kerangka pemikiran penelitian ini tersaji dalam Gambar 2. Perhitungan ketersediaan air yang dilakukan menggunakan 4 buah analisis, yaitu 1) analisis sederhana, yakni menganggap hujan setelah dikurangi evapotranspirasi (P-Ea) yang jatuh di daerah terbangun langsung menjadi limpasan langsung yang menuju ke sungai, dan yang jatuh di daerah tidak terbangun meresap ke dalam tanah dan dapat dimanfaatkan oleh penduduk sebagai air sumur, (2) analisis aliran air tanah NRECA, dengan model hujan limpasan NRECA, yang memperkirakan berapa banyak P-Ea yang menjadi aliran dasar yang mengalir di lapisan tanah jenuh yang dapat menjadi sumber air sumur, (3) analisis aliran total NRECA, dengan model hujan limpasan NRECA yang memperkirakan banyaknya P-Ea yang menjadi aliran total, yakni jumlah aliran dasar dari lapisan air tanah jenuh dan limpasan langsung, 4) analisis potensial, yakni seluruh P-Ea yang jatuh di tiap-tiap satuan wilayah digunakan sebagai masukan. Analisis yang dilakukan disederhanakan pada pemenuhan kebutuhan hanya untuk kebutuhan rumah tangga.



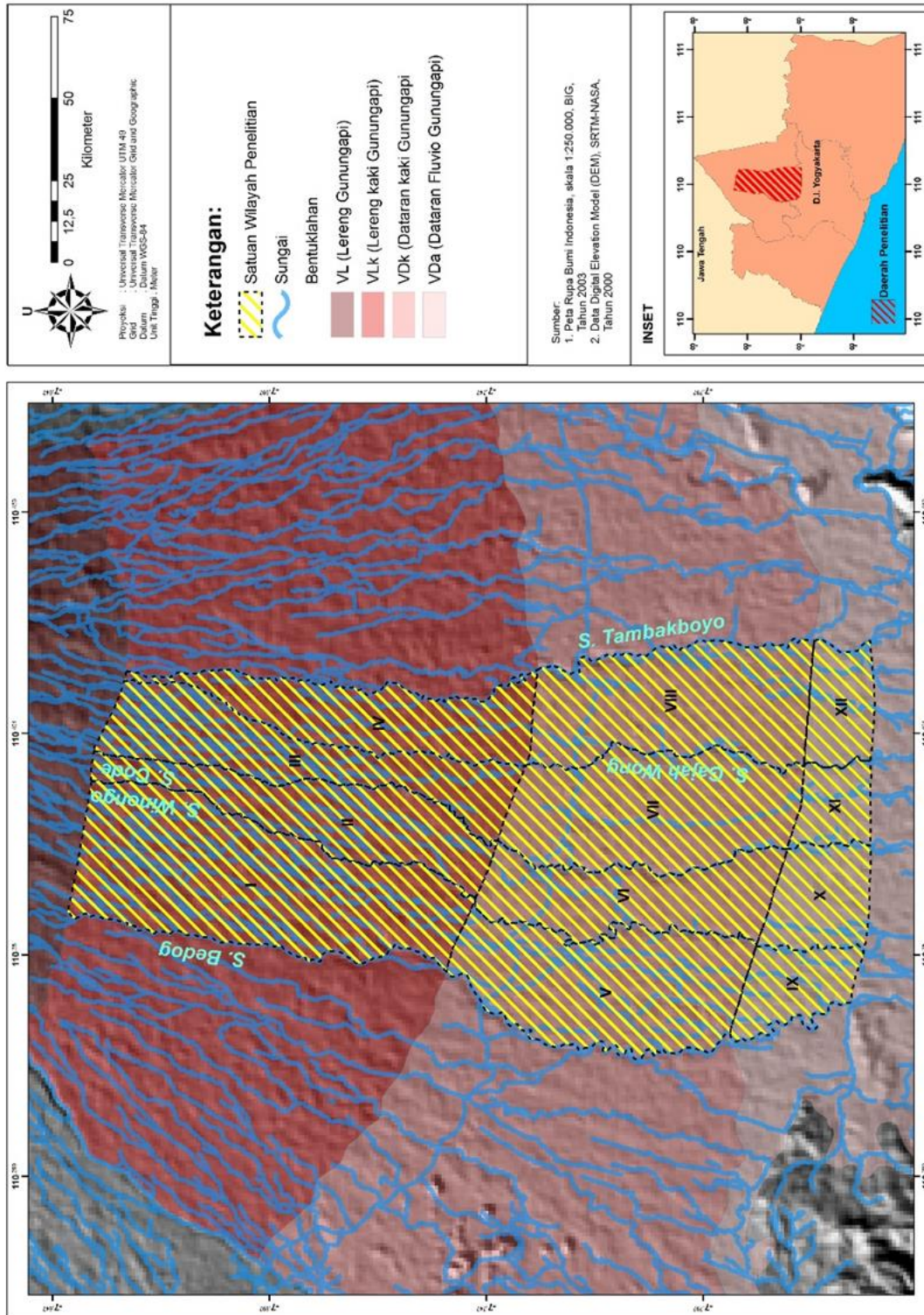


Gambar 2. Kerangka Pikir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembatasan wilayah di dalam model wilayah berdasarkan satuan bentuk lahan menghasilkan 3 satuan bentuk lahan, yaitu lereng kaki, dataran kaki dan dataran fluvial gunungapi. Berdasarkan analisis *interfluve*, sungai-sungai yang melalui wilayah penelitian yaitu Sungai Bedog, Sungai Winongo, Sungai Code, Sungai Gajahwong, dan Sungai Tambakboyo. Deliniasi dari sungai-sungai tersebut membentuk zona-zona *interfluve* di antara setiap dua sungai. Berdasarkan identifikasi *interfluve* dan satuan bentuk lahan, maka diperoleh lokasi kajian seperti yang tersaji pada Gambar 3. Air tanah di wilayah penelitian bersifat *effluent*, dengan demikian air tanah dari satuan-satuan wilayah penelitian yang berseberangan tidak saling mempengaruhi. Tekuk lereng menandai perubahan litologi, air tanah yang muncul di tekuk lereng menandakan lapisan tak jenuh terpotong oleh lapisan batuan di bawahnya. Sistem air tanah dangkal terputus di perbatasan bentuk lahan. Aliran permukaan mungkin mengalir dari hulu ke

satuan wilayah penelitian di hilirnya, tetapi dengan bentuk memanjang ke hilir, volumenya dianggap bisa diabaikan. Satuan wilayah yang melebar, mungkin menerima aliran permukaan lebih banyak, dalam penelitian ini volumenya sementara diabaikan. Diharapkan, karena kepadatan penduduknya, satuan wilayah di sebelah hulu memanfaatkan airnya sebanyak-banyaknya sehingga air permukaan tidak banyak yang mengalir ke hilir. Dengan demikian setiap satuan wilayah penelitian yang terbentuk merupakan satuan yang mandiri, tidak dipengaruhi oleh aliran dari satuan wilayah yang berbatasan, sehingga setiap satuan wilayah penelitian yang terbentuk dari bentuk lahan dan *interfluves* layak dipakai sebagai satuan wilayah hidrologi untuk menganalisis neraca airnya. Sungai-sungai di wilayah penelitian nampak mengalir dari hulu ke hilir dengan arah yang kurang lebih sejajar. Hal ini dapat menunjukkan bahwa secara geoteknis, material penyusun dasar wilayah penelitian adalah kurang lebih seragam dengan genesis yang serupa, tidak dipengaruhi oleh struktur geologi.



**Gambar 3** Peta Wilayah Kajian, merupakan model keruangan terdiri dari 12 satuan wilayah berdasarkan bentuk lahan dan interfluv. Analisis neraca air dilakukan pada setiap satuan wilayah

Berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai-nilai yang menunjukkan kebutuhan air di tiap satuan wilayah penelitian dengan dasar kebutuhan 50 dan 120 liter/orang/hari (Tabel 1). Data dari Tabel 1 digunakan untuk analisis neraca air, sehingga diperoleh nilai kekurangan air pada periode waktu tertentu. Analisis pertama yang digunakan adalah analisis sederhana, mengasumsikan bahwa hujan (P-Ea) yang jatuh di daerah terbangun langsung menjadi air limpasan atau *runoff*, dan yang jatuh di daerah tak terbangun dapat terinfiltrasi dan dapat menjadi sumber air sumur penduduk. Tabel 2 menunjukkan kekritisitas air dengan analisis sederhana. Hasil dari analisis tersebut mengindikasikan bahwa satuan wilayah VI, VII, dan XII sepanjang tahun mengalami kondisi kekurangan air, satuan wilayah X mengalami kekurangan air mulai bulan Maret sampai November, kritis berat pada bulan Desember dan Januari, serta kritis sedang pada bulan Februari.

Pada bulan Juni sampai Oktober, ketersediaan air mencapai angka 0 untuk seluruh satuan wilayah penelitian kecuali pada satuan wilayah I di bulan Oktober. Fraksi kebutuhan dibagi ketersediaan mencapai angka tak terhingga. Hujan teruapkan melalui proses evapotranspirasi yang lebih besar. Pada bulan Oktober di satuan wilayah I, angka kekekritisitas mencapai 1792%,

penduduk menggunakan air sebanyak hampir 18 kali lebih banyak daripada air hujan yang dapat terinfiltrasi di satuan wilayah I.

**Tabel 1** Jumlah penduduk tiap satuan wilayah dan kebutuhan airnya

Satuan wilayah	Jumlah penduduk (jiwa)	Kebutuhan (m <sup>3</sup> /bulan) 120 liter/org/hari	Kebutuhan (m <sup>3</sup> /bulan) 50 liter/org/hari
I	51.234	184.442	76.851
II	23.967	86.281	35.950
III	24.015	86.454	36.022
IV	29.012	104.443	43.518
V	84.496	304.185	126.744
VI	193.789	697.640	290.683
VII	193.483	696.539	290.225
VIII	75.458	271.649	113.187
IX	19.804	71.294	29.706
X	61.911	222.880	92.866
XI	29.832	107.395	44.748
XII	24.786	89.230	37.179

Tabel 3 adalah tabel kekritisitas air yang didapat dari membagi angka kebutuhan penduduk bulanan dengan angka kebutuhan 120 liter/hari/orang, dibagi dengan ketersediaan air.

**Tabel 2** Kekritisitas air dengan analisis sederhana, kebutuhan 120 liter/orang/hari, dalam persen kebutuhan terhadap ketersediaan air

Bulan	Zona											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Jan	8%	5%	5%	8%	56%	256%	192%	53%	59%	81%	31%	131%
Feb	8%	5%	5%	7%	39%	195%	158%	46%	34%	64%	26%	107%
Mar	10%	6%	6%	10%	47%	237%	233%	79%	44%	106%	45%	218%
Apr	16%	10%	10%	15%	104%	581%	628%	107%	87%	175%	72%	396%
Mei	53%	27%	25%	44%	953%	5363%	-*	438%	-*	715%	264%	1706%
Jun	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*
Jul	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*
Agust	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*
Sep	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*
Okt	1792%	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*
Nop	10%	6%	8%	14%	50%	252%	266%	92%	51%	196%	93%	277%
Des	6%	4%	4%	6%	37%	176%	151%	56%	38%	79%	32%	134%

Keterangan:

-\* : Kondisi presipitasi lebih kecil daripada evapotranspirasi, sehingga terjadi defisit air.

0-25%	tidak kritis
25-50%	kritis ringan
50-75%	kritis sedang
75-100%	kritis berat
>100%	kekurangan air



**Tabel 3** Kekritisan air untuk aliran dasar, kebutuhan 120 liter/orang/hari, hasil analisis dengan model hujan limpasan NRECA, dalam persen kebutuhan terhadap ketersediaan air

Bulan	Zona											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Jan	7%	8%	7%	12%	32%	107%	97%	29%	32%	43%	33%	36%
Feb	6%	7%	6%	10%	26%	86%	75%	22%	24%	31%	24%	26%
Mar	6%	6%	6%	9%	23%	77%	68%	21%	21%	30%	23%	25%
Apr	6%	6%	6%	9%	23%	80%	72%	21%	21%	30%	23%	26%
Mei	7%	7%	7%	10%	27%	92%	82%	23%	24%	34%	26%	29%
Jun	8%	9%	8%	13%	33%	113%	102%	29%	30%	42%	33%	36%
Jul	10%	11%	10%	16%	42%	142%	128%	36%	37%	53%	41%	45%
Agust	13%	14%	13%	20%	52%	177%	160%	45%	47%	66%	51%	56%
Sep	15%	16%	15%	23%	56%	191%	175%	51%	50%	74%	58%	65%
Okt	16%	18%	17%	27%	64%	218%	203%	58%	56%	85%	67%	75%
Nop	12%	14%	14%	23%	47%	165%	165%	49%	43%	77%	62%	67%
Des	9%	10%	10%	15%	39%	132%	130%	40%	38%	57%	45%	51%

**Tabel 3** menunjukkan kondisi kritis berat dialami oleh satuan wilayah VI sepanjang tahun, dengan kondisi kekurangan air pada bulan-bulan Juni sampai dengan Januari. Pada satuan wilayah VII, kritis berat terjadi 10 bulan dalam setahun, mulai bulan Mei sampai bulan Februari, bahkan kekurangan air terjadi mulai bulan Juni sampai dengan Desember. Sisanya, pada bulan Maret dan April satuan wilayah VII mengalami kondisi kritis sedang. Kondisi kritis berat juga terjadi di satuan wilayah X pada bulan Oktober dan November, dan satuan wilayah XII pada bulan Oktober. Air sumur tercukupi sepanjang tahun pada satuan wilayah I, II, dan III.

Pada satuan wilayah IV, air sumur juga tercukupi sepanjang tahun kecuali pada bulan Oktober yang mengalami kondisi kritis ringan. Wilayah satuan V mengalami kondisi kritis sedang pada bulan Agustus sampai Oktober, kritis ringan pada bulan November sampai dengan Juli tahun berikutnya, dengan peningkatan menjadi tidak kritis pada bulan Maret dan April. Satuan wilayah VIII dan IX mengalami kecukupan air pada bulan Februari sampai dengan Mei, sisanya pada kondisi kritis ringan, kecuali pada bulan Agustus dan September satuan wilayah VIII mengalami kondisi kritis sedang, yang juga dialami oleh satuan wilayah IX pada bulan Oktober. Pada satuan wilayah X, kritis air terjadi sepanjang tahun; dari bulan Januari sampai Juni kritis ringan, dari bulan Juli sampai dengan Desember kritis sedang, kecuali pada bulan Oktober dan November terjadi kritis berat. Keadaan lebih baik dialami satuan wilayah XI, dimana terjadi kecukupan air pada bulan Februari, Maret, dan April; selebihnya kritis ringan mulai bulan Mei sampai Januari tahun berikutnya, kecuali bulan-bulan Agustus sampai dengan November saat satuan wilayah XI ini mengalami kritis sedang. Satuan wilayah XII sepanjang tahun mengalami kritis air. Pada bulan Januari sampai

dengan Juli kritis ringan, mulai Agustus sampai Desember kritis sedang, dengan kekecualian pada bulan Oktober mengalami kritis berat.

Berdasarkan **Tabel 2**, ketersediaan air dari limpasan langsung dapat meningkatkan kondisi di satuan wilayah V, sampai dengan XII, dibandingkan kalau penduduk hanya mengandalkan air sumur dari aliran dasar. Satuan wilayah V, menjadi tidak kritis pada bulan Januari sampai dengan Mei, dan kritis ringan pada bulan Juni sampai dengan Desember kecuali bulan Agustus dan Oktober yang mengalami kritis sedang. Kekurangan air masih terjadi di satuan wilayah VI dan VII pada bulan-bulan Juni sampai dengan November. Kritis berat terjadi pada bulan Juni dan Desember di kedua wilayah tersebut dan pada bulan Januari pada satuan wilayah VI. Selebihnya, satuan wilayah VI dan VII mengalami kritis sedang. Satuan - satuan

wilayah VIII dan IX mengalami keadaan yang sama, air tercukupi pada bulan-bulan Januari sampai dengan Mei, mulai Juni sampai dengan Desember ketersediaan air mengalami kritis ringan, kecuali pada bulan Oktober, keadaan satuan wilayah VIII dan IX mengalami kritis sedang. Satuan wilayah X mengalami kecukupan air pada bulan-bulan Februari sampai dengan April, kondisi kritis ringan pada bulan Mei sampai Juni dan Desember sampai Januari; kritis sedang pada bulan Juli, Agustus, September, dan November; serta kritis berat pada bulan Oktober.

Satuan wilayah XI dan XII juga mengalami hal yang mirip, kecuali pada bulan Mei, satuan wilayah XI airnya tercukupi, sedang satuan wilayah XII mengalami kritis ringan. Selebihnya, pada bulan Agustus, September, dan Oktober ketersediaan air pada kondisi kritis sedang, selebihnya, kedua satuan wilayah ini mengalami kritis ringan.

**Tabel 2** Kekritisan air untuk ketersediaan air total, aliran dasar+limpasan langsung, kebutuhan 120 liter/orang/hari, hasil analisis dengan Model NRECA. Persen kebutuhan terhadap ketersediaan air

Bulan	Zona											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Jan	5%	5%	5%	8%	23%	76%	66%	19%	23%	29%	22%	24%
Feb	4%	5%	4%	7%	17%	60%	51%	15%	16%	21%	16%	17%
Mar	4%	5%	4%	7%	16%	57%	51%	16%	15%	23%	18%	20%
Apr	5%	5%	5%	7%	19%	66%	60%	16%	17%	24%	19%	21%
Mei	6%	7%	6%	9%	24%	83%	75%	20%	22%	31%	24%	26%
Jun	8%	9%	8%	12%	33%	113%	102%	28%	29%	41%	32%	36%
Jul	11%	11%	10%	16%	42%	143%	129%	36%	38%	53%	41%	45%
Agust	13%	14%	13%	20%	53%	178%	161%	45%	47%	66%	51%	57%
Sep	13%	14%	14%	22%	47%	163%	152%	47%	42%	66%	53%	60%
Okt	14%	16%	16%	25%	57%	197%	187%	51%	50%	78%	62%	69%
Nop	8%	9%	10%	17%	31%	111%	115%	35%	29%	57%	47%	49%
Des	4%	5%	5%	8%	19%	66%	65%	20%	19%	29%	22%	25%

**Tabel 3** Kekritisan Air untuk Ketersediaan Air Hujan rata-rata Bulanan (di kurangi evapotranspirasi) keseluruhan. Persen kebutuhan terhadap ketersediaan air.

Bulan	Zona											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Jan	3%	2%	3%	4%	11%	37%	29%	9%	12%	12%	7%	9%
Feb	3%	2%	2%	3%	8%	28%	24%	8%	7%	10%	6%	7%
Mar	3%	3%	3%	5%	10%	34%	36%	13%	8%	16%	11%	15%
Apr	5%	5%	5%	7%	21%	83%	95%	18%	17%	27%	18%	27%
Mei	17%	13%	13%	21%	195%	764%	-*	80%	-*	110%	76%	114%
Jun	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*
Jul	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*
Agust	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*
Sep	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*
Okt	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*
Nop	3%	3%	4%	7%	10%	36%	41%	16%	10%	30%	22%	19%
Des	2%	2%	2%	3%	8%	25%	23%	9%	7%	12%	8%	9%

**Tabel 3** Kekritisan Air untuk Ketersediaan Air Hujan rata-rata Bulanan (di kurangi evapotranspirasi) keseluruhan. Persen kebutuhan terhadap ketersediaan air. menunjukkan kondisi kekritisan apabila seluruh P-Ea dimanfaatkan oleh penduduk. Nampak pada saat musim kemarau di seluruh wilayah penelitian pada bulan Juni sampai dengan Oktober, saat intensitas hujan rendah, angka evapotranspirasi melebihi volume hujan, sehingga semua air hujan mengalami evapotranspirasi. Hal ini terjadi juga pada bulan Mei di satuan-satuan wilayah VII dan IX. Kekurangan air masih terjadi di satuan-satuan wilayah V, VI, X, dan XII.

Kondisi kritis berat dialami di satuan-satuan wilayah VIII dan XI pada bulan Mei, serta April pada satuan wilayah VI dan VII. Selibhnya, satuan wilayah penelitian VI mengalami kondisi kritis ringan; demikian juga satuan wilayah VII kecuali pada bulan Februari dan Desember, satuan wilayah VII ketersediaan air memadai. Satuan-satuan

wilayah VIII sampai dengan XII mengalami kecukupan air, kecuali kondisi kritis ringan pada satuan wilayah X pada bulan April dan November, serta satuan wilayah XII pada bulan April.

Analisis dengan angka kebutuhan 50 liter/hari/orang tetap menggunakan hasil perhitungan ketersediaan air yang sama. Perubahan kebutuhan dari 120 liter/orang/hari menjadi 50 liter/orang/hari, pada analisis sederhana tidak mengubah jumlah ketersediaan air, Juni-Oktober air tetap tidak ada. Hal tersebut Nampak pada Tabel 6 kekritisan air dengan analisis sederhana, kebutuhan 50 liter/orang/hari. Persen kebutuhan terhadap ketersediaan air, kondisi kekritisan berubah, kekurangan air di luar P-Ea<0 masih nampak, yakni pada satuan wilayah I di bulan Oktober, di satuan wilayah V pada bulan Mei; di satuan wilayah VI pada bulan Januari, April, dan November, wilayah VII pada bulan April dan November, pada satuan-satuan wilayah VIII, X, dan XI di bulan Mei, dan pada satuan wilayah XII di

bulan April, Mei, dan November. Satuan wilayah VI mengalami kondisi kritis berat pada bulan Februari dan Maret, dan kondisi kritis sedang pada bulan Desember. Demikian juga pada satuan wilayah VII, kondisi kritis sedang terjadi pada bulan Februari dan Desember, kondisi kritis berat terjadi pada bulan Januari dan Maret. Pada satuan wilayah XII, pada bulan Desember dan Januari kondisinya membaik menjadi kritis sedang, pada bulan Maret ketersediaan air berada pada kondisi kritis berat, dan pada bulan Februari kondisi ketersediaan air berada pada kondisi kritis ringan.

Pada satuan wilayah V perbaikan juga terjadi pada bulan April, yang tadinya pada kondisi kekurangan air (104%) menjadi kritis ringan (43%). Peningkatan lainnya terjadi di satuan wilayah VIII sampai XI. Satuan wilayah VIII, pada bulan Desember sampai dengan Februari pada kondisi tidak kritis, kemudian pada bulan Maret, April, dan November, kondisinya juga membaik menjadi kritis ringan. Pada satuan wilayah IX,

kondisi tidak kritis terjadi pada bulan November sampai dengan Maret, sedangkan pada bulan April terjadi perbaikan dari kritis berat menjadi kritis ringan. Pada satuan wilayah X, kondisi kritis ringan terjadi pada bulan Desember sampai dengan Maret, kritis sedang pada bulan Mei, dan kritis berat terjadi pada bulan November. Pada satuan wilayah XI, kondisi tidak kritis terjadi pada bulan Desember sampai dengan Maret, dan kondisi kritis ringan pada bulan April dan November.

**Tabel 5** menunjukkan kondisi kekritisan air dengan ketersediaan air bergantung kepada aliran dasar berdasarkan analisis menggunakan model NRECA, dengan kebutuhan air ditekan sampai dengan 50 liter/orang/hari. Perbaikan signifikan nampak terjadi, meskipun ketersediaan air tetap tidak berubah. Pemanfaatan air sebanyak 50 liter/orang/hari, menjadikan kondisi kritis berat hanya terjadi di satuan wilayah VI pada bulan September dan Oktober, dan di satuan wilayah VII pada bulan Oktober. Pada dua satuan wilayah

**Tabel 4** Kekritisan air dengan analisis sederhana, kebutuhan 50 liter/orang/hari. Persen kebutuhan terhadap ketersediaan air

Bulan	Zona											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Jan	3%	2%	2%	3%	23%	107%	80%	22%	25%	34%	13%	54%
Feb	3%	2%	2%	3%	16%	81%	66%	19%	14%	27%	11%	45%
Mar	4%	2%	3%	4%	20%	99%	97%	33%	18%	44%	19%	91%
Apr	7%	4%	4%	6%	43%	242%	262%	45%	36%	73%	30%	165%
Mei	22%	11%	10%	18%	397%	2235%	-*	182%	-*	298%	110%	711%
Jun	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*
Jul	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*
Agust	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*
Sep	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*
Okt	746%	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*
Nop	4%	3%	3%	6%	21%	105%	111%	38%	21%	81%	39%	115%
Des	3%	1%	1%	2%	15%	73%	63%	23%	16%	33%	13%	56%

**Tabel 5** Kekritisan air untuk aliran dasar, NRECA, kebutuhan 50 liter/orang/hari. Persen kebutuhan terhadap ketersediaan air

Bulan	Zona											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Jan	3%	3%	3%	5%	13%	45%	41%	12%	13%	18%	14%	15%
Feb	3%	3%	3%	4%	11%	36%	31%	9%	10%	13%	10%	11%
Mar	2%	3%	2%	4%	10%	32%	28%	9%	9%	13%	10%	10%
Apr	2%	3%	2%	4%	10%	33%	30%	9%	9%	13%	10%	11%
Mei	3%	3%	3%	4%	11%	38%	34%	10%	10%	14%	11%	12%
Jun	3%	4%	3%	5%	14%	47%	43%	12%	12%	18%	14%	15%
Jul	4%	5%	4%	7%	17%	59%	53%	15%	16%	22%	17%	19%
Agust	5%	6%	5%	8%	22%	74%	67%	19%	19%	27%	21%	24%
Sep	6%	7%	6%	10%	23%	79%	73%	21%	21%	31%	24%	27%
Okt	7%	8%	7%	11%	27%	91%	85%	24%	23%	36%	28%	31%
Nop	5%	6%	6%	10%	20%	69%	69%	21%	18%	32%	26%	28%
Des	4%	4%	4%	6%	16%	55%	54%	17%	16%	24%	19%	21%

**Tabel 6** Kekritisan air untuk ketersediaan air total, aliran dasar+limpasan langsung, NRECA, kebutuhan 50 liter/orang/hari. Persen kebutuhan terhadap ketersediaan air

Bulan	Zona											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Jan	2%	2%	2%	3%	9%	32%	28%	8%	10%	12%	9%	10%
Feb	2%	2%	2%	3%	7%	25%	21%	6%	7%	9%	7%	7%
Mar	2%	2%	2%	3%	7%	24%	21%	7%	6%	10%	8%	8%
Apr	2%	2%	2%	3%	8%	28%	25%	7%	7%	10%	8%	9%
Mei	3%	3%	2%	4%	10%	35%	31%	8%	9%	13%	10%	11%
Jun	3%	4%	3%	5%	14%	47%	43%	12%	12%	17%	13%	15%
Jul	4%	5%	4%	7%	18%	59%	54%	15%	16%	22%	17%	19%
Agust	5%	6%	5%	8%	22%	74%	67%	19%	20%	27%	21%	24%
Sep	6%	6%	6%	9%	20%	68%	63%	20%	18%	28%	22%	25%
Okt	6%	7%	7%	10%	24%	82%	78%	21%	21%	32%	26%	29%
Nop	3%	4%	4%	7%	13%	46%	48%	15%	12%	24%	20%	20%
Des	2%	3%	3%	4%	11%	38%	37%	12%	11%	16%	12%	14%

**Tabel 7** Kekritisan air untuk ketersediaan air hujan rata-rata bulanan (dikurangi evapotranspirasi) keseluruhan, kebutuhan 50 liter/orang/hari. Persen kebutuhan terhadap ketersediaan air

Bulan	Zona											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Jan	1%	1%	1%	2%	5%	15%	12%	4%	5%	5%	3%	4%
Feb	1%	1%	1%	1%	3%	12%	10%	3%	3%	4%	3%	3%
Mar	1%	1%	1%	2%	4%	14%	15%	6%	4%	7%	5%	6%
Apr	2%	2%	2%	3%	9%	35%	39%	8%	7%	11%	8%	11%
Mei	7%	5%	5%	9%	81%	318%	-*	34%	-*	46%	32%	48%
Jun	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*
Jul	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*
Agust	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*
Sep	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*
Okt	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*	-*
Nop	1%	1%	2%	3%	4%	15%	17%	7%	4%	13%	9%	8%
Des	1%	1%	1%	1%	3%	10%	10%	4%	3%	5%	3%	4%

penelitian ini, sepanjang tahun masih terjadi kondisi kritis; dari bulan Januari sampai dengan bulan Juni pada kondisi kritis ringan, dan Juli sampai Desember pada kondisi kritis sedang, kecuali pada satuan wilayah VI, pada bulan September dan Oktober terjadi kritis berat, sedangkan pada satuan wilayah VII kritis berat hanya terjadi pada bulan Oktober. Kritis ringan yang lain terjadi pada satuan wilayah V pada bulan Oktober, pada satuan wilayah X pada bulan Agustus sampai November, pada satuan wilayah XI pada bulan Oktober dan November, serta pada satuan wilayah XII pada bulan September, Oktober, dan November. Di luar yang sudah disebutkan, dari satuan wilayah I sampai dengan XII ketersediaan aliran dasar cukup memadai untuk dimanfaatkan penduduk melalui sumur gali. Ketersediaan air dalam bentuk limpasan langsung perlu dimanfaatkan untuk menambah pasokan air sumur.

**Tabel 8** yang menggambarkan kondisi kekritisan ketersediaan air apabila seluruh potensi

air, baik dari aliran dasar dan aliran limpasan tersebut terlihat menjanjikan. Meskipun demikian satuan-satuan wilayah penelitian VI dan VII ternyata tetap tidak terbebas dari kondisi kritis berat, keduanya pada bulan Oktober, meskipun kebutuhan penduduk sudah diturunkan sampai 50 liter/orang/hari. Di satuan wilayah VI kritis ringan terjadi pada bulan November sampai dengan Januari. Setelah diseling dengan kondisi tidak kritis pada bulan Februari dan Maret, kritis ringan terjadi lagi pada bulan April sampai dengan Juni. Pada bulan Juli sampai dengan September, terjadi kritis sedang sebelum akhirnya meningkat menjadi kritis berat pada bulan Oktober. Kondisi yang sama terjadi pada satuan wilayah VII dengan sedikit perbedaan yakni pada bulan April satuan wilayah ini masih berada pada kondisi tidak kritis. Kritis ringan juga terjadi di satuan wilayah X pada bulan Agustus, September, Oktober, pada satuan wilayah XI pada bulan Oktober, dan satuan wilayah XII pada bulan September dan Oktober. Selebihnya, wilayah penelitian ini mengalami kondisi tidak kritis.



Tabel kekritisitas berdasarkan ketersediaan air hujan rata-rata bulanan setelah dikurangi evapotranspirasi untuk kebutuhan air sebesar 50 liter/orang/hari disajikan dalam Tabel 7. Dibandingkan dengan kebutuhan 120 liter/orang/hari tabel ini menampilkan perubahan, terutama pada satuan-satuan wilayah VI dan VII yang menyisakan kritis ringan pada bulan April, meskipun kondisi presipitasi yang minim tetap tidak dapat mengatasi evapotranspirasi di bulan Mei sampai dengan Oktober. Musim kemarau pada bulan Juni sampai dengan Oktober tetap menjadikan kondisi presipitasi yang lebih kecil daripada evapotranspirasi. Kondisi ini terjadi di seluruh wilayah penelitian, ditambah pada bulan Mei di satuan wilayah VII dan IX. Kondisi kritis berat terjadi di satuan wilayah V pada bulan Mei, dan kondisi kekurangan air di satuan wilayah VI juga pada bulan Mei. Kondisi kritis ringan terjadi di satuan wilayah VI dan VII pada bulan April, dan pada satuan-satuan wilayah VIII, X, XI, dan XII di bulan Mei. Di luar yang sudah diuraikan tersebut, apabila seluruh jumlah air hujan rata-rata bulanan dikurangi evapotranspirasi dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan domestik sebanyak 50 liter/orang/hari, nampaknya cukup memadai. Satuan-satuan wilayah VI dan VII adalah wilayah yang paling serius mengalami kekritisitas air.

Upaya konservasi dilakukan dengan manajemen air hujan, yakni menjadikan air hujan sebagai sumber air, dan bukan sebagai genangan yang harus dialirkan jauh-jauh. Disamping itu, fungsi hidrologis suatu kawasan harus tidak berubah meskipun pembangunan dilaksanakan. Selanjutnya, sebagai contoh, upaya konservasi sumberdaya air tanah diterapkan pada satuan wilayah VII sebagai model. Prosedur selanjutnya yaitu: Satuan wilayah VII seluas 20 km<sup>2</sup> dibagi menjadi cekungan-cekungan kecil (*microcatchment*) sebanyak 35 buah, yang menampung hujan dan mengalirkannya pada suatu outlet atau muara yang mandiri.

Gambar 4 merupakan contoh yang diterapkan pada satuan wilayah VII yang dibagi menjadi *microcatchment-microcatchment*. Analisis ketersediaan air dengan menggunakan model hujan-aliran NRECA menghasilkan parameter DAS, PSUB sebesar 0,85 dan GWF sebesar 0,20.

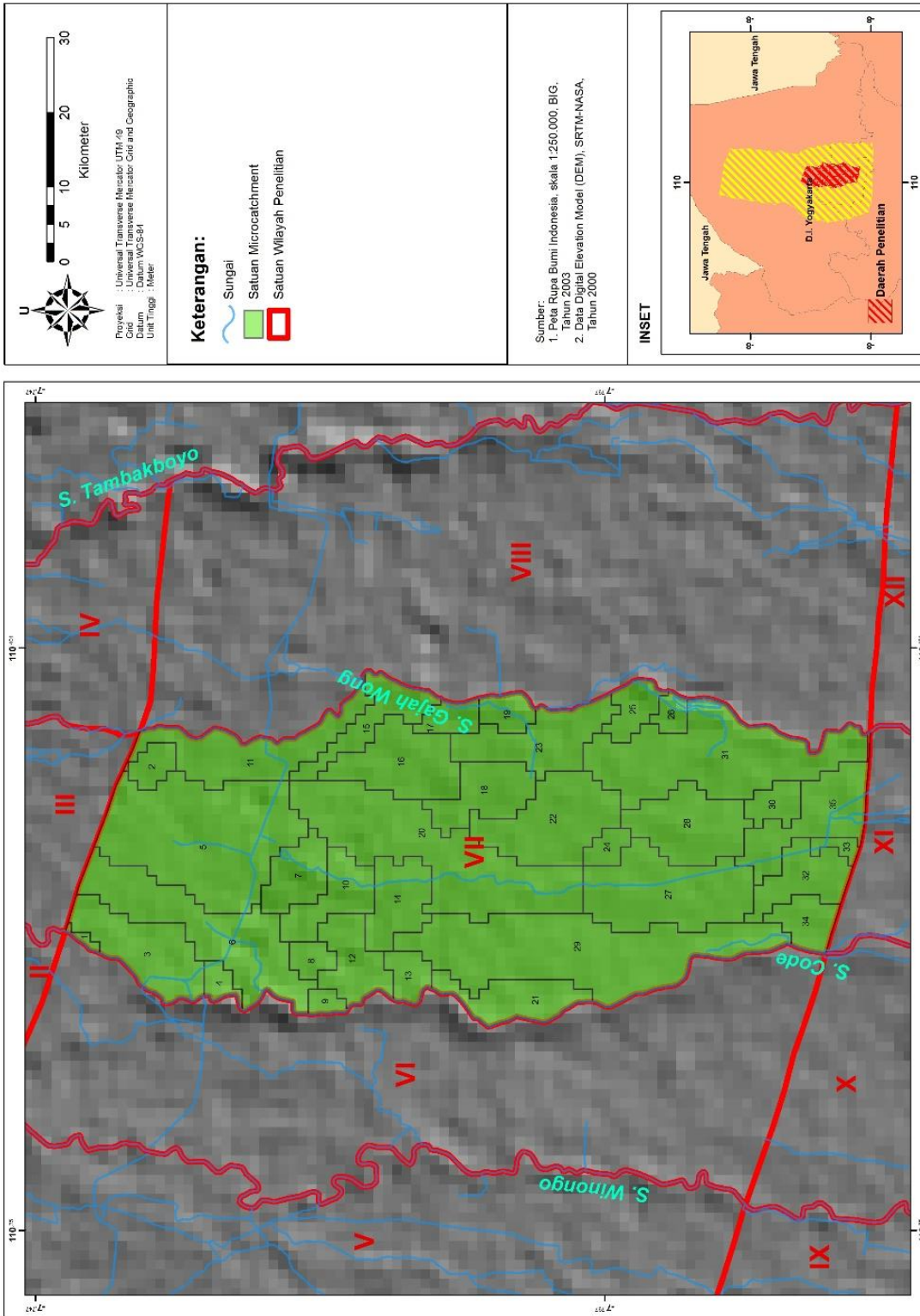
Dengan nilai PSUB sebesar 0,85 setiap *microcatchment* sudah mampu meresapkan air hujan yang jumlahnya amat banyak, yakni 85% dari *excess moisture*. Daerah piroklastik di Indonesia, ada yang mampu mencapai PSUB sebesar 0,90. Angka ini dicoba di wilayah penelitian, dengan secara fisik menghitung penambahan sumur resapan yang diperlukan untuk mengubah *excess moisture* yang melimpas

menjadi meresap ke dalam tanah dengan menampungnya dalam sumur resapan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa setiap *microcatchment* memerlukan sumur resapan yang jumlahnya amat sedikit. Satu sumur menggantikan bidang tadah seluas minimum 3937 m<sup>2</sup>. Kondisi hidrologis Perkotaan Yogyakarta sudah berada pada kondisi kemampuan meresapkan paling tinggi, dengan permeabilitas akuifer yang tinggi. Akuifer Yogyakarta ini juga mampu melepaskan air dengan keberlanjutan, sehingga aliran dasar dapat mengalir sepanjang musim kemarau. Jumlah sumur resapan yang relatif sedikit mencakup bidang tadah yang amat luas, mengindikasikan bahwa perubahan peningkatan karakteristik hidrologis dengan meningkatkan nilai PSUB dan aliran dasar nampaknya sudah tidak perlu atau bahkan tidak dapat dilakukan. Kondisi ini bertentangan dengan keadaan lapangan yang masih memerlukan konservasi sumberdaya air tanah dangkal. Analisis ini menunjukkan bahwa parameter satuan wilayah I yang adalah dari bentuk lahan lereng kaki gunungapi tidak sesuai digunakan untuk menganalisis satuan wilayah VII dari bentuk lahan dataran kaki. Kondisi akuifer yang masih produktif berdasarkan parameter DAS yang extreme, didukung oleh keadaan bahwa pada umumnya satuan wilayah I, II, III, dan IV jarang mengalami kondisi kritis, bisa disimpulkan untuk berlaku di satuan-satuan wilayah penelitian pada bentuk lahan yang sama dengan satuan wilayah I. Bentuk lahan dimaksud adalah bentuk lahan lereng kaki gunung api, yang lahan tidak terbangunnya masih berkisar dari 32% sampai dengan 57%.

Masalah yang terjadi dalam konservasi sumber daya air tanah adalah kesulitan mencegah limpasan. Pada musim penghujan, pada saat air berlimpah, kelengasan permukaan tanah juga pada keadaan maksimum, sehingga sebagian besar air hujan tidak bisa meresap ke dalam tanah. Dengan demikian, upaya konservasi air tanah yang diperlukan adalah menangkap air hujan yang menjadi limpasan dengan sumur-sumur resapan atau kolam-kolam resapan. Jumlah yang diperlukan bisa diperhitungkan berdasarkan permeabilitas tanah dan faktor-faktor lain yang tergantung karakteristik wilayah. Merencanakan sumur resapan terkait jumlah dan lokasi yang aman, diseyogyakan untuk mengacu pada Tatacara Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan untuk Lahan Pekarangan yang sudah diterbitkan sebagai SNI 03-2453-2002.

Upaya praktis agar fungsi hidrologis suatu kawasan tidak berubah adalah mengharuskan para pembangun untuk membuat sumur atau kolam resapan dengan kapasitas yang bisa menampung air hujan yang jatuh di atas wilayah yang menjadi



Gambar 4 Pembagian Satuan Wilayah VII menjadi 35 *microcatchment*

kedap air. Apabila jumlah hujan yang jatuh tidak berubah, hendaknya banyaknya air yang meresap ke dalam tanah tidak berubah juga. Lokasi sumur atau kolam resapan dapat disesuaikan dengan bangunan-bangunan yang dibangun.

## KESIMPULAN

Perbandingan antara pemanfaatan air dan ketersediaannya menghasilkan status kekritisian dan kekurangan ketersediaan air di setiap satuan wilayah. Keberhasilan bentuk lahan untuk dijadikan media analisis neraca air membuktikan keberhasilan bentuk lahan sebagai model wilayah hidrologis yang berdasarkan bentuk lahan di Lereng Selatan Gunung Merapi untuk mengetahui neraca air. Model hujan limpasan NRECA untuk menganalisis ketersediaan air bisa direkomendasikan, asalkan parameter-parameter yang digunakan benar-benar sesuai untuk wilayah hidrologis yang dianalisis. Parameter-parameter DAS untuk analisis menggunakan model NRECA, pada umumnya bisa diambil dari parameter hasil analisis atau kalibrasi pada lahan dari bentuklahan yang sama.

Berdasarkan analisis neraca air sederhana, dengan kebutuhan 120 liter/orang/hari, kekurangan air terjadi sepanjang tahun pada satuan wilayah VI, VII, dan XII; kondisi tidak ada air terjadi pada musim kemarau, Juni sampai dengan Oktober untuk seluruh wilayah penelitian. Berdasarkan analisis neraca air sederhana, dengan kebutuhan 50 liter/orang/hari, kekurangan air masih terjadi di satuan-satuan wilayah VI, VII, dan XII pada bulan April sampai dengan November, untuk satuan wilayah VI masih ditambah pada bulan Januari. Pada musim kemarau, Juni sampai dengan Oktober, semua wilayah penelitian mengalami kondisi tidak ada air. Berdasarkan neraca air sederhana tahunan, kebutuhan penduduk untuk keperluan rumah tangga pada semua satuan wilayah dapat tercukupi, dengan wilayah VI dan VII pada kondisi kritis sedang.

Berdasarkan analisis neraca air model hujan limpasan NRECA dengan kebutuhan air 120 liter/orang/hari, satuan wilayah VI mengalami kekurangan air pada bulan Juni sampai dengan Januari tahun berikutnya. Satuan wilayah VII mengalami kekurangan air mulai bulan Juni sampai dengan Desember. Berdasarkan analisis neraca air model hujan limpasan NRECA dengan kebutuhan air 50 liter/orang/hari, satuan wilayah VI mengalami kondisi kritis berat pada bulan September dan Oktober, pada satuan wilayah VII mengalami kondisi kritis berat pada bulan Oktober. Satuan wilayah yang selalu mengalami kondisi

kritis berat atau kekurangan air pada semua analisis neraca air dengan kedua angka kebutuhan 120 dan 50 liter/hari/orang adalah satuan wilayah VI dan satuan wilayah VII.

Satuan wilayah VI dan VII tersebut meliputi kecamatan-kecamatan sebagai berikut: 1) Satuan wilayah VI: Danurejan, Depok, Gamping, Gedongtengen, Gondokusuman, Gondomanan, Jetis, Kraton, Mantrijeron, Mergangsan, Mlati, Ngaglik, Ngampilan, Pakualaman, Tegalrejo, dan Wirobrajan. 2) Satuan wilayah VII: Banguntapan, Danurejan, Depok, Gondokusuman, Gondomanan, Jetis, Kotagede, Mergangsan, Mlati, Ngaglik, Pakualaman, Tegalrejo, dan Umbulharjo.

Akuifer di Perkotaan Yogyakarta sudah pada kondisi maksimum, mampu memasukkan air ke dalam akuifer secara maksimum, dan melepaskan aliran dasar ke sungai-sungai dengan keandalan yang tinggi sepanjang tahun berlaku untuk satuan-satuan wilayah I, II, III, dan IV pada bentuklahan lereng kaki gunungapi.

Kesulitan infiltrasi terjadi karena kelengasan yang tinggi pada musim penghujan mengakibatkan air hujan banyak yang melimpas, tidak meresap ke dalam tanah.

Upaya konservasi dilakukan dengan manajemen air hujan, yakni menjadikan air hujan sebagai sumber air bukan sebagai air yang harus dialirkan jauh-jauh. Konservasi dilakukan dengan membangun sumur resapan, sehingga semua atau sebagian besar hujan yang jatuh akan mengalir ke sumur resapan dan tersimpan di dalam tanah tidak jauh dari tempat hujan tersebut jatuh. Fungsi hidrologi suatu kawasan harus tetap sama, sebelum dan sesudah pembangunan berlangsung. Pada setiap pembangunan yang menjadikan suatu lahan menjadi kedap air, harus dibangun sumur resapan yang mempunyai kapasitas tampungan sebanyak hujan yang jatuh di bidang tadah yang menjadi kedap air tersebut.

Model keruangan konservasi sumberdaya air tanah menggunakan pendekatan bentuk lahan dilakukan dengan membagi wilayah penelitian menjadi satuan wilayah hidrologi yang berdasarkan bentuk lahan dan *interfluves* untuk dianalisis neraca airnya. Satuan wilayah penelitian yang terbentuk kemudian dibagi lagi menjadi *microcatchment-microcatchment* dengan menggunakan *digital elevation model* (DEM) berdasarkan relief permukaan lahan. *Microcatchment* ini digunakan untuk perencanaan pembuatan infrastruktur konservasi sumber daya air tanah, dan pengawasan agar fungsi hidrologis pada setiap *microcatchment* tidak berubah setelah ada pembangunan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Crawford, N. and Thurin, S. M. 1981. *Hydrologic Estimates for Small Hydroelectric Projects*,. NRECA Small Decentralized Hydropower (SDH) Program, Washington D.C.
- Department of Environmental Resources 1999. *Low Impact Development Design Strategies*. An Integrated Design Approach, Maryland, USA: Price George's County, Programs and Planning Division.
- Fidelibus, M.W. and Bainbridge, D.A. 2014. Microcatchment Water Harvesting for Desert Revegetation. Soil Ecology and Restoration Group (Internet) <http://www.rohan.sdsu.edu/dept/serg/serg.html/Microcatchment> (diakses 11 November 2014).
- Hatmoko, W., Radhika, Amirwandi, S., Fauzi, M., Firmansyah, R., dan Fathoni, A. 2012. *Neraca Ketersediaan dan Kebutuhan Air pada Wilayah Sungai di Indonesia*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, Kementerian Pekerjaan Umum.
- MacDonald, M., & Partners. 1984. *Greater Yogyakarta-Groundwater Resources Study: Vol 3C*. Yogyakarta: Directorate General of Water Resources Development (P2AT).
- Post, J. 2004. Microcatchment Runoff Collection for Productive Purpose, <http://foredt.mtu.edu/pcforestry/resources/studentprojects/microc.html>. (diakses 11 November 2014).
- Putra, D.P. 2002. Research Support Project: *Integrated Water Resources management in Merapi/Yogyakarta Basin*. Yogyakarta: Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Sartohadi, J. 2007. Terapan Geomorfologi dalam Pengelolaan Sumberdaya Air Alami. *Jurnal Air, Lahan, Lingkungan, dan Mitigasi Bencana*, 12(1).
- Sen, Z. 2009. *Spatial Modelling Principles in Earth Sciences*. Springer Sciences+Business Media B.V.
- Silva, D., Kobiyama, Yamashiki, & Takara. 2009. *Investigation of Geomorphological Properties Using Voronoi Discretization*. Kyoto: Kyoto University.
- Sudarmadji. 1991. *Agihan Geografi Sifat Kimia Airtanah Bebas di Kotamadya Yogyakarta*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Verstappen. 1983. *Applied Geomorphology*. Amsterdam: Elsevier Science
- Widiyanto. 1999. *Kajian Geomorfologi Gunungapi dalam Geografi Fisik*. Pidato Pengukuhan Jabatan Lektor, Yogyakarta, Fakultas Geografi.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Makalah ini merupakan bagian dari disertasi Program S3 di Program Studi Ilmu Lingkungan Fakultas Geografi Universitas Gadjahmada. Terimakasih atas pengawasan dan bimbingan dari para pembimbing beserta staf Fakultas Geografi. Terimakasih juga disampaikan kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Bandung, yang menyediakan data, beserta staf yang membantu proses interpretasi citra satelit dan penggunaan software dan fasilitas lainnya. Tidak lupa, terimakasih juga kepada Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak di Yogyakarta, atas data dan bantuan para staf dalam penyelesaian makalah ini.