

STRATEGI DAN UPAYA PEMANFAATAN SUMBER AIR UMBULAN UNTUK PENYEDIAAN AIR BERSIH DI PROVINSI JAWA TIMUR

STRATEGY AND EFFORT OF UMBULAN WATER SOURCES UTILIZATION FOR FRESH WATER SUPPLY IN EAST JAVA PROVINCE

Heni Rengganis¹⁾, Wulan Seizarwati²⁾

Balai Hidrologi dan Tata Air, Pusat Litbang Sumber Daya Air
Jl. Ir. H. Juanda 193, Bandung
E-mail: henirengganis@yahoo.com

Diterima : 5 Januari 2015; Disetujui: 15 Mei 2015

ABSTRAK

Potensi sumber daya air yang melimpah di wilayah Umbulan belum disertai dengan pengelolaan yang optimal. Sumber air utama berupa mata air dengan debit ± 4.000 l/s telah diusulkan untuk dimanfaatkan sebagai air baku air bersih bagi kota dan kabupaten di Provinsi Jawa Timur, yaitu Pasuruan, Surabaya, Gresik, dan Sidoarjo. Akan tetapi, sumber mata air tersebut belum dapat dipastikan keandalan debitnya mengingat adanya indikasi penurunan debit Mata Air Umbulan. Penelitian ini dilakukan dalam rangka memperoleh kepastian potensi pasokan air dari Mata Air Umbulan. Keandalan debit Mata Air Umbulan yang paling aman untuk dimanfaatkan adalah debit head pond ± 3.200 l/s sedangkan debit tapak ± 3.700 l/s. Sumber air baku tambahan dapat diperoleh dari Mata Air Kali Semut (Q rata-rata = 272,7 l/s) dan Mata Air Banyubiru (Q rata-rata = 348,9 l/s). Kualitas air Umbulan di titik rencana pengambilan B8 dan kolam penurapan sudah memenuhi persyaratan air baku air minum menurut PP No. 82 Tahun 2001, sedangkan di titik BD-1 dan pos AWLR perlu dilakukan pengolahan sederhana berupa koagulasi terlebih dahulu sebelum dimanfaatkan. Berdasarkan baku mutu Permenkes No. 416 Tahun 1990, sumber air Umbulan dapat dimanfaatkan sebagai air bersih dan dapat diminum apabila telah dimasak. Pada saat ini sumber air Umbulan merupakan mata air terbesar di Pulau Jawa dengan kualitas baik, maka diharapkan sumber air yang berharga ini dapat dimanfaatkan secara optimal dan berkelanjutan.

Kata kunci: Umbulan, mata air, keandalan debit, kualitas air, baku mutu

ABSTRACT

The abundant of water resources potential in Umbulan has not yet accompanied by an optimal management. Spring as the primary water source with discharge rate of 4,000 l/s, has been proposed to be utilized as raw water clean water for some cities and regencies in East Java Province, namely Pasuruan, Surabaya, Gresik, and Sidoarjo. However, the discharge reliability of Umbulan Spring has not been yet ensured, considering there is a decrease indication of Umbulan Spring discharge. This research is conducted in order to obtain the certainty of water supply potential from Umbulan Spring. The safest reliability of Umbulan Spring discharge to be utilized is head pond discharge $\pm 3,200$ l/s while footprint discharge $\pm 3,700$ l/s. Additional raw water sources can be obtained from Kali Semut Spring (Q average = 272.7 l/s) and Banyubiru Spring (Q average = 348.9 l/s). Umbulan water quality in uptake plan point B8 and capturing pool have met the requirements raw water drinking water according to PP No. 82 of 2001, while in point BD-1 and AWLR station need to be performed a simple treatment by coagulation before utilized. According to quality standard of Permenkes No.416 of 1990, Umbulan water source can be utilized as fresh water and can be drunk after boiled. At this time, Umbulan is the biggest spring in Java Island that has a good quality, so this valuable water sources is expected to be utilized optimally and sustainably.

Keywords: Umbulan, spring, discharge reliability, water quality, quality standard

PENDAHULUAN

Wilayah Kabupaten Pasuruan merupakan salah satu daerah di Jawa Timur yang memiliki potensi sumber daya air yang cukup melimpah. Akan tetapi, keberlimpahan sumber daya air tersebut tidak serta merta dapat dinikmati oleh masyarakat Kabupaten Pasuruan secara keseluruhan. Hal ini terjadi karena pengelolaan sumber daya air di wilayah tersebut belum dilakukan secara optimal. Di lain pihak, telah banyak investor dari dalam maupun luar negeri yang mengembangkan beraneka ragam industri di wilayah tersebut mengingat potensi air yang begitu besar untuk bahan baku produksi. Jenis industri yang cukup dominan menggunakan air sebagai bahan baku utama adalah industri Air Minum Dalam Kemasan (AMDK). Pertumbuhan industri AMDK di wilayah Kabupaten Pasuruan cukup tinggi dibandingkan daerah lainnya. Tercatat sebanyak ± 20 industri AMDK berskala sedang hingga besar beroperasi di wilayah ini dengan cara membuat sumur bor atau penurapan mata air. Kondisi demikian menandakan adanya pengambilan air yang cukup besar dan dikhawatirkan akan mengganggu siklus ketersediaan air di daerah tersebut dalam jangka panjang.

Dalam beberapa tahun terakhir di Amerika Serikat telah terjadi hal yang mengejutkan yaitu penggunaan air yang bersumber dari mata air untuk industri multinasional berupa air dalam kemasan botol. Keadaan ini berkembang pesat, karena merupakan salah satu permintaan konsumen yang sangat banyak. Mata air tersebut digunakan sebagai air baku air minum dalam kemasan dengan anggapan bahwa air tersebut paling aman digunakan pada saat ini. Sebaliknya, di negara-negara Eropa di mana kualitas mata air sangat baik dan berlimpah, dimanfaatkan sebagai sumber air yang paling diminati untuk pasok air kepentingan umum. Berbagai upaya terus dilaksanakan dalam rangka untuk melestarikan dan melindungi sumber air tersebut gangguan dari luar. Kota Wina Austria, merupakan contoh utama dimana negara yang pemerintahannya sangat peduli dalam mengembangkan ilmu pengetahuan, rekayasa dan upaya membuat regulasi untuk melindungi pasok air yang bersumber dari mata air dan diterapkan pada semua tingkatan. (Kresic Neven, 2009).

Pada kenyataannya, tidak seluruh wilayah Kabupaten Pasuruan memiliki sumber daya air yang melimpah. Sumber air potensial hanya terdapat di daerah luahan (*discharge area*) yaitu daerah pedataran di bagian utara, sedangkan jika ditinjau ke daerah hulunya dapat dilihat cukup

banyak masyarakat yang kekurangan sumber daya air baku. Bahkan pada musim kemarau, masyarakat di wilayah tersebut harus menghadapi ancaman kekeringan yang berdampak pada tidak terpenuhinya kebutuhan air baku untuk kehidupan sehari-hari. Sebagai contoh di bagian Selatan daerah Banyuwangi, terlihat adanya tangki-tangki air yang hilir mudik mengirimkan air untuk masyarakat setempat. Kontradiksi ini menandakan bahwa pengelolaan sumber daya air di daerah ini masih menjadi persoalan serius yang belum dapat terpecahkan.

Mengingat salah satu sumber air yang diandalkan di daerah ini adalah mata air dan merupakan satu-satunya sumber daya air yang dapat digunakan secara langsung untuk berbagai keperluan, maka pengelolaan air tersebut hendaknya dapat digunakan dengan penuh perhitungan agar tidak terjadi permasalahan yang timbul pada masa mendatang. Instrumen dan kebijakan perlu dikembangkan, mencakup pengaturan, monitoring, informasi pengelolaan tata guna lahan atau tata ruang, dan pendekatan pengelolaan sumber air menjadi selaras dan saling menunjang, yang menghasilkan pemanfaatan sumber-sumber air yang berwawasan lingkungan.

Persoalan-persoalan yang muncul berkaitan dengan pemanfaatan sumber-sumber air di wilayah Kabupaten Pasuruan telah dikaji melalui suatu penelitian Hidrogeologi Daerah Umbulan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air pada tahun 2007 dan 2008. Penelitian tersebut bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang kontinuitas dan jaminan keberlangsungan pasokan air dari Mata Air Umbulan (Gambar 1). Hasil penelitian tersebut telah menghasilkan usulan rekomendasi teknis mengenai pengaturan dan pengelolaan sumber-sumber air di wilayah Pasuruan.

Pengukuran debit sesaat Mata Air Umbulan telah dilakukan sejak Februari 2007 hingga November 2012. Pada bulan Mei - Juni 2013 kembali dilakukan pengukuran debit sesaat yang juga dilengkapi dengan pengujian kualitas air untuk mendapatkan kepastian potensi debit yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber air baku bagi kota dan kabupaten di Jawa Timur baik dari segi kualitas maupun kuantitasnya. Lokasi kegiatan dilaksanakan di Desa Umbulan, Kecamatan Winongan, Kabupaten Pasuruan, Provinsi Jawa Timur. Secara administratif, berada pada $7,62^\circ - 7,99^\circ$ LS dan $112,68^\circ - 113,1^\circ$ BT dan berbatasan dengan Selat Madura di bagian Utara, DAS Welang di bagian Barat, Kabupaten Malang di bagian Selatan, dan Kabupaten Probolinggo di bagian Timur (Puslitbang SDA, 2008).



Gambar 1 Kolam penurapan Mata Air Umbulan

Maksud dan tujuan penelitian ini adalah melakukan pengukuran debit dan pemeriksaan kualitas air untuk memperoleh kepastian besaran potensi pasokan air dari Mata Air Umbulan yang dapat dimanfaatkan. Hasil akhir penelitian ini adalah berupa usulan strategi dan upaya pemanfaatan air Umbulan untuk penyediaan air bersih di kabupaten atau kota di Jawa Timur secara optimal.

KAJIAN PUSTAKA

Mata Air Umbulan dan Mata Air Sekitarnya

Mata air Umbulan merupakan salah satu mata air terbesar di Pulau Jawa. Lokasi mata air tepatnya berada pada koordinat 07°38'40,2" LS dan 112°54'6,3" BT dan secara administratif berada di wilayah Desa Umbulan, Kecamatan Winongan, Kabupaten Pasuruan. Ditinjau dari genesa pembentukannya, mata air Umbulan dapat dikategorikan sebagai jenis mata air yang muncul akibat adanya sesar (*fault artesian spring*) dan dihasilkan dari aliran air di bawah tekanan hidrostatik, sebagai akibat dari kekuatan gravitasi. (Puslitbang SDA, 2008 dan Paul L.Yonger, 2007). Satu hal yang memprihatinkan tentang Mata Air Umbulan adalah bahwa hingga saat ini potensi sumber daya air yang bernilai tinggi tersebut belum dimanfaatkan secara optimal. Catatan terakhir dari hasil pengukuran Puslitbang SDA pada bulan November 2012, dapat diketahui bahwa dari nilai debit sebesar 4.002 l/s, hanya 719,5 l/s atau sekitar 18% yang sudah dimanfaatkan, sisanya terbuang dengan sia-sia dan mengalir ke Kali Rejoso.

Di banyak negara, mata air merupakan komponen penting untuk pasok air minum. Pasok air dengan memanfaatkan mata air lebih banyak

jumlahnya, seperti di Amerika Serikat bagian barat. Lebih dari 200 sistem pasok air bersumber dari mata air di masing-masing negara bagian Colorado, Idaho, Oregon, Utah, dan Washington. Di negara bagian California, lebih dari 4 juta orang (14,2% penduduk pada tahun 1990) mendapat air minumnya dari sistem mata air. Di Hawaii, Tennessee, dan Vermont lebih dari 10% dari penduduk, dilayani dengan menggunakan mata air. Di Tennessee dan Pennsylvania, lebih dari 500.000 orang menerima pasok air domestiknya dari mata air. Wyoming memiliki 80 mata air yang digunakan untuk pasok air untuk penduduk. Pada tahun 1992, lebih 3.400 sistem pasok air di Amerika Serikat diperoleh sebagian atau seluruh untuk air minum dari mata air, sistem ini menyediakan air minum untuk lebih dari 7 juta orang. Akan tetapi, rata-rata jumlah orang yang dilayani oleh sistem pasok umumnya memanfaatkan mata air sebagai sumber air untuk berbagai penggunaan (More. John E, 2010).

Di wilayah Kabupaten Pasuruan terdeteksi lebih dari 500 buah mata air dengan debit yang relatif besar maupun kecil. Di Kecamatan Prigen, Winongan, Purwosari, Purwodadi, dan Beji terdeteksi mata air dengan jumlah paling banyak dengan debit yang cukup besar, sehingga pemanfaatannya tidak hanya untuk kebutuhan irigasi tetapi juga untuk kebutuhan lain seperti air baku Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dan industri.

Hasil penelitian hidrogeologi daerah Umbulan oleh Puslitbang SDA (2007 – 2008) telah menghasilkan beberapa rekomendasi teknis. Salah satu yang diusulkan adalah perlu disusun PERDA baru yang menyangkut tata ruang dan penggunaan lahan di daerah lereng kaki pegunungan (bagian selatan Mata Air Umbulan), serta mengutamakan

kembali daerah yang semula memang berupa hutan. Rekomendasi teknis yang telah diusulkan tersebut dalam rangka pengelolaan dan pemanfaatan sumber-sumber air seperti mata air, sumur artesis, dan sumur-sumur bor di hilir Mata Air Umbulan (Puslitbang SDA, 2008).

Sebaran Sumur di Sekitar Mata Air Umbulan

Berbagai jenis sumur banyak ditemukan di wilayah Umbulan, diantaranya sumur dangkal dan sumur dalam (sumur bor). Sumur dangkal berupa sumur gali atau sumur pantek yang dibuat dan dimanfaatkan oleh penduduk, biasanya mempunyai kedalaman kurang dari 40m. Sumur Pendayagunaan Air Tanah (PAT) digunakan untuk air irigasi dan air bersih penduduk di daerah kering (Gambar 2a) Sumur bor rakyat atau perorangan banyak digunakan untuk mengairi tanaman tebu atau padi (Gambar 2b).

Sumur bor rakyat juga banyak ditemukan di wilayah Umbulan yang pemanfaatannya selain untuk air bersih juga untuk keperluan irigasi sawah dan tanaman tebu. Berdasarkan hasil survei pada akhir bulan November 2007, di wilayah Kecamatan Nguling terdeteksi 163 buah sumur bor rakyat yang lokasinya tersebar di 10 desa yang hampir seluruhnya dimanfaatkan untuk mengairi sawah.

Sumur bor dalam juga dimanfaatkan untuk penyediaan air bersih Kota dan Kabupaten Pasuruan serta PDAM Ibu Kota Kecamatan Plered, Grati, Gempol, Kejayan, dan Nguling. Sumur bor dalam yang digunakan oleh industri di wilayah Pasuruan jumlahnya belum dapat ditentukan, karena informasi dan jenis data yang diperoleh bervariasi bergantung pada kepentingan masing-masing. Berdasarkan data DISPENDA Provinsi Jawa Timur, sumur bor industri adalah sumur dalam industri yang harus membayar restribusi penggunaan air, baik sumur yang mempunyai surat izin maupun sumur yang tidak berizin.

Kondisi Muka Air Tanah

Pemanfaatan sumur gali penduduk di wilayah Kecamatan Grati, Kejayan, Gondang Wetan, dan sekitarnya selain untuk kebutuhan rumah tangga juga untuk pengairan lahan pertanian tanaman tebu. Tinggi muka air tanah di wilayah ini berkisar antara 0,6 – 13 m bmt. Muka air tanah sumur gali umumnya cukup dangkal yaitu <5 m bmt, dengan kedalaman maksimum pada musim kemarau 17,1 m. Pengukuran muka air tanah dangkal telah dilakukan oleh Nippon Koei pada tahun 1986, kemudian oleh ESDM pada tahun 2001. Dari kedua hasil pengukuran tersebut terlihat adanya pergeseran pola garis kontur muka air tanah sejauh 20 m dari utara ke selatan. Kedudukan muka air tanah dangkal yang diukur melalui sumur gali di daerah dataran Pasuruan adalah 0,2–6,0 m bmt, sedangkan di daerah perbukitan 7,4–17,1 m bmt (Sihwanto, 2006). Sumur dangkal merupakan jenis sumber air tanah yang sangat rentan terhadap penurunan muka air dan pencemaran terutama terjadi pada musim kemarau (Hiscock. K. 2005).

Pengukuran muka air tanah terkekang dilakukan pada sumur – sumur industri yang lokasinya tersebar di beberapa wilayah Kecamatan Kabupaten dan Kota Pasuruan. Industri pada umumnya mengambil air tanah pada kedalaman 60–100 m, bahkan ada yang menggunakan sumur artesis. Sumur bor industri pada umumnya sudah tertutup, sehingga pengukuran muka air sangat sulit dilakukan. Pemantauan muka air pada sumur sumur bor biasanya terbatas, baik karena desain lubang bor, atau karena informasi posisi akuifer yang tidak spesifik. Sumur dengan lubang bor terbuka pada kedalaman akuifer tertentu maka hasil yang diperoleh merupakan kedalaman rata-rata dan lebih cenderung berperilaku sebagai kolom non akuifer (Rushton. K. R. 2003).



Gambar 2a Sumur bor PAT



Gambar 2b Sumur Bor Rakyat

METODE PENELITIAN

Metode pada penelitian ini terdiri dari survei lapangan, pengukuran debit, dan pemeriksaan kualitas air. Selain itu dilakukan pula studi literatur dari penelitian – penelitian terdahulu serta pengumpulan data sekunder. Data sekunder digunakan untuk melengkapi analisis dan evaluasi perhitungan debit andalan dari data primer yang diperoleh di lapangan.

Pengukuran debit dan pemeriksaan kualitas air dilaksanakan di area Mata Air Umbulan. Pengukuran dilaksanakan pada 11 (sebelas) titik lokasi mulai dari kolam penurapan, saluran keluaran untuk irigasi dan perikanan, lokasi rencana unit produksi, dan Pos AWLR Rejoso Hulu (Gambar 3). Parameter kualitas air diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan dan pengambilan contoh air untuk diuji di laboratorium.

1 Pengukuran lapangan

Pengukuran dilakukan secara langsung di lapangan untuk memperoleh parameter fisika, seperti bau, rasa, suhu, warna, dan kekeruhan.

2 Pengujian laboratorium

Pengambilan contoh air dilakukan di beberapa lokasi yang direncanakan menjadi titik pemanfaatan Sumber Mata Air Umbulan. Contoh air tersebut kemudian diuji di laboratorium untuk memperoleh parameter kimia air dan bakteriologi secara lengkap untuk menilai kelayakan sumber air tersebut secara kualitas dengan membandingkan parameter hasil pengujian terhadap baku mutu air berdasarkan aturan yang dipersyaratkan pada:

1) Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001

2) Permenkes No.416/MENKES/PER/IX/1990

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan akan menjadi air minum setelah dimasak, menurut PERMENKES No. 416/MENKES/PER/IX/1990. Air kelas 1 (satu) adalah air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama, berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001.

Keandalan debit Mata Air Umbulan penting untuk diketahui agar dapat dilakukan strategi pemanfaatannya yang optimal. Debit andalan adalah debit yang dapat diandalkan untuk suatu

tingkat keandalan atau reliabilitas tertentu. Sebagaimana ditetapkan dalam Kriteria Perencanaan Irigasi, nilai debit andalan untuk keperluan irigasi menggunakan reliabilitas 80% (Ditjen Pengairan, 1985). Keperluan air minum dan industri membutuhkan reliabilitas yang lebih tinggi, yaitu sekitar 90% sampai dengan 95%. Debit andalan dihitung menggunakan data debit harian periode 2007-2012 pada 10 (sepuluh) titik pengukuran di Umbulan yang bersumber dari BWS Gembong Pekalen.

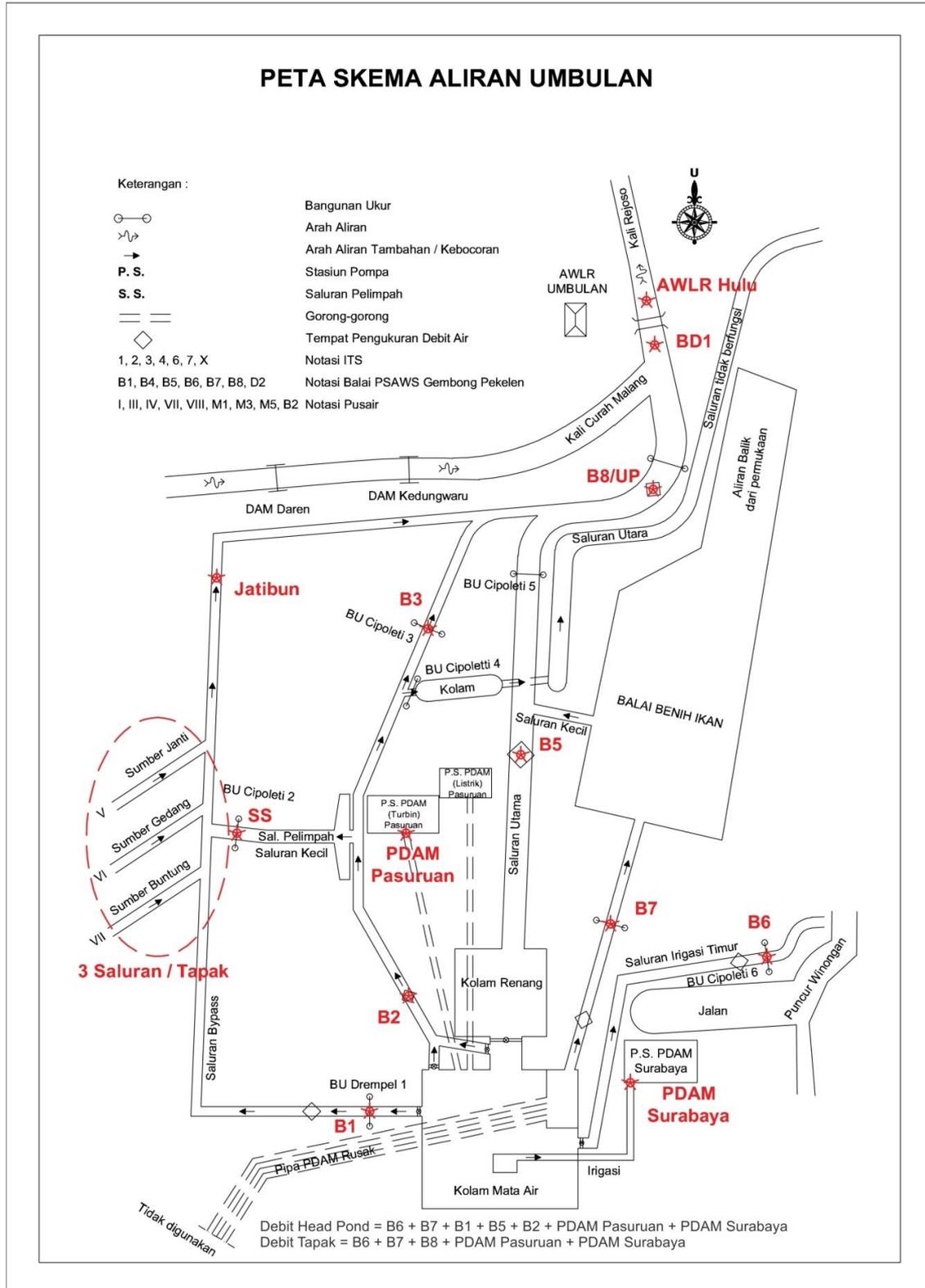
HASIL DAN PEMBAHASAN

1 Pengukuran Debit di Lokasi Mata Air Umbulan

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa pengukuran debit sesaat Umbulan telah dilaksanakan sejak tahun 2007. Pengukuran dilakukan minimal 2 kali setiap tahunnya pada waktu – waktu yang mewakili musim hujan dan musim kemarau.

Pengukuran terakhir pada program pemantauan debit Umbulan dilaksanakan pada bulan Mei sampai dengan bulan Juni 2013. Pengukuran tersebut dilakukan pada 11 (sebelas) titik pengukuran, mulai dari kolam penurapan (hulu) hingga ke bagian hilir, yaitu di Pos AWLR Rejoso Hulu. Lokasi titik pengukuran terletak pada saluran-saluran keluaran Mata Air Umbulan, antara lain saluran utama yang keluar dari kolam dan langsung masuk ke Kali Rejoso Hulu atau saluran yang sudah dimanfaatkan dan sisanya langsung masuk ke Kali Rejoso Hulu. Peta lokasi pengukuran dapat dilihat pada Gambar 3 dan hasil pengukuran disajikan pada Tabel 1.

Debit *head pond* adalah jumlah air yang bersumber dari kolam penurapan, sedangkan debit tapak adalah jumlah air yang bersumber dari kolam penurapan ditambah dengan aliran suplesi dari beberapa saluran di bagian timur yaitu Sumber Janti, Sumber Gedang, dan Sumber Buntung. Besaran debit air Umbulan yang digunakan oleh PDAM Pasuruan dan PDAM Surabaya tidak diukur langsung, tetapi angka tersebut diperoleh dari catatan alat ukur yang ada di dalam bangunan unit produksi. Begitu pula aliran suplesi dari Sumber Janti, Sumber Gedang, dan Sumber Buntung tidak dapat diukur karena alirannya menyebar. Besaran debit suplesi tersebut diestimasi berdasarkan hasil perhitungan debit di titik Jatibun dikurangi dengan debit di titik SS dan B1.



Gambar 3 Peta lokasi pengukuran debit Umbulan

Pengukuran pada periode ini dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali dan hasilnya seperti yang ditampilkan pada Tabel 1. Perbedaan yang signifikan terjadi pada titik lokasi yang dipengaruhi oleh suplesi dari luar sistem aliran Umbulan, yaitu

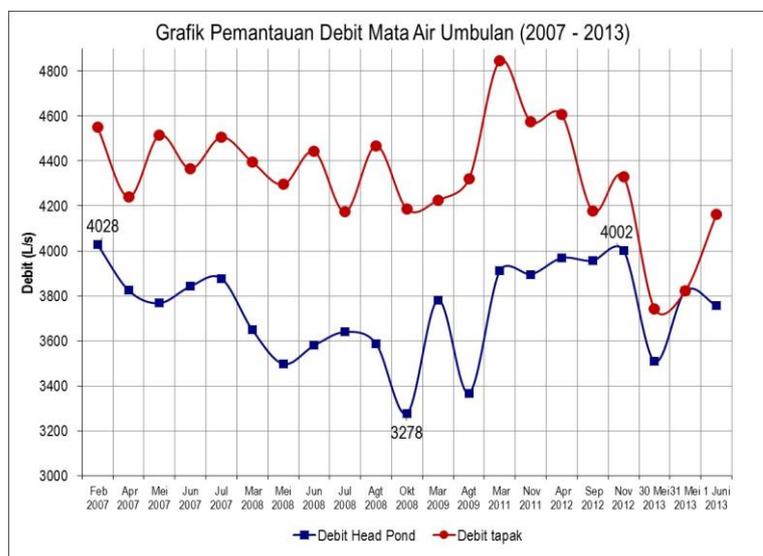
di rencana unit produksi (B8) yang mendapatkan suplesi berupa sisa air irigasi dari 3 (tiga) saluran dan di BD-1 yang mendapatkan suplesi dari Bendung Daren.

Tabel 1 Hasil pengukuran debit Mata Air Umbulan periode Mei – Juni 2013

No	Titik Pengukuran	Lokasi	P ₁	P ₂	P ₃
			l/s		
1	B6	Saluran Irigasi (26 ha)	164	199	205
2	B7	Balai Benih Ikan	122	108	101
3	B1	Saluran <i>by pass</i> kiri	1.136	1.184	1.128
4	B5	Saluran Utama dari Kolam Renang	378	419	424
5	B8	Rencana Unit Produksi	3.074	3.133	3.473
6	B2 / D2	Saluran menuju Turbin PDAM kota Pasuruan	1.326	1.529	1.516
7	AWLR	Pos AWLR Rejoso Hulu		4.460	4.715
8	PDAM Pasuruan		273	273	273
9	PDAM Surabaya		110	110	110
10	SS (Limpasan)	Setelah saluran pelimpah dari stasiun pompa PDAM Pasuruan	188	220	97
11	B3	Bagian hilir saluran B2	1.458	1.474	1.572
12	BD-1	Setelah inflow Bendung Daren		4.393	4.353
13	Jatibun	Setelah inflow 3 saluran tapak		1.972	1.799
14	3 Tapak	Hilir titik B1		568	574
Debit kolam (1,2,3,4,6,8 dan 9)			3.509	3.822	3.757
Debit Tapak (1,2,5,8 dan 9)			3.743	3.823	4.162

Keterangan:

P₁ pengukuran ke-1, P₂ pengukuran ke-2, dan P₃ pengukuran ke-3



Gambar 4 Fluktuasi debit *head pond* dan debit tapak Mata Air Umbulan

Dalam rangka pemantauan debit Mata Air Umbulan, Puslitbang SDA telah melakukan sebanyak 21 (dua puluh satu) kali pengukuran debit sesaat pada periode Februari 2007 sampai dengan Juni 2013. Fluktuasi debit *head pond* dan *debit tapak* Mata Air Umbulan digambarkan dalam grafik pada Gambar 4. Grafik tersebut menunjukkan adanya indikasi penurunan debit Mata Air Umbulan sejak pengukuran tahun 2007. Hal ini dapat terlihat secara jelas pada grafik debit *head pond* (warna biru). Pada pengukuran pertama, yaitu bulan Februari 2007 nilai debit

head pond Mata Air Umbulan sebesar 4.028 l/s. Selama pemantauan yang telah berlangsung kurang lebih 6 tahun tersebut, nilai debit *head pond* selalu berada di bawah 4.000 l/s dan belum pernah kembali ke kondisi debit semula, kecuali pada bulan November 2012 sebesar 4.002 l/s. Debit tapak selalu terpantau pada posisi di atas angka 4.000 l/s, kecuali pada bulan Mei 2013 nilainya kurang dari 4.000 l/s. Kondisi ini diperkirakan akibat penurunan suplesi dari 3 (tiga) saluran karena adanya penggunaan air irigasi di bagian hulu.

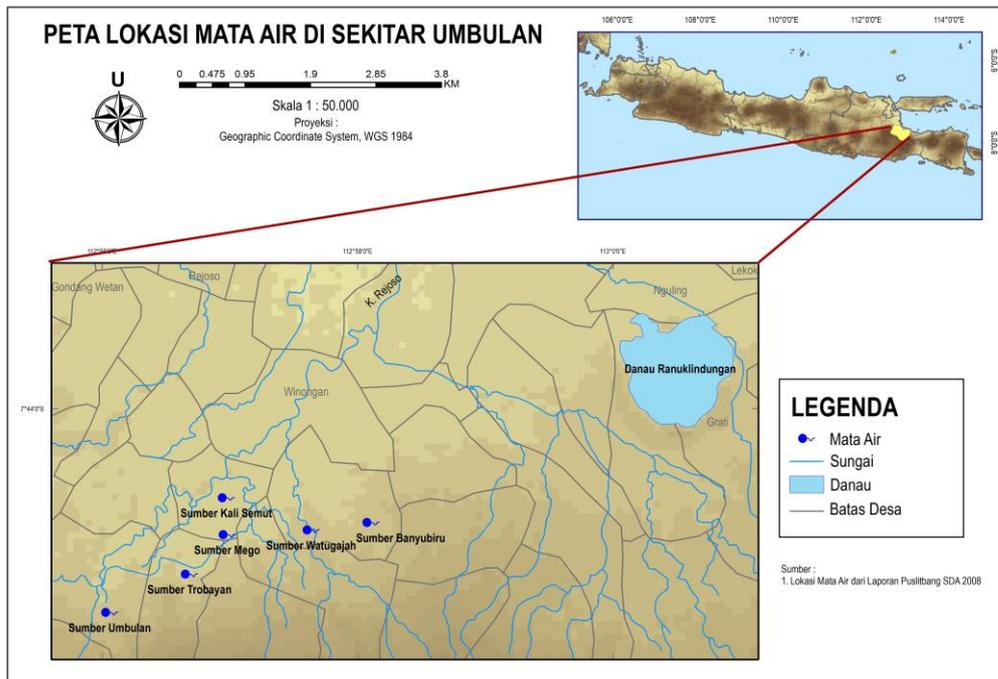
Dari 21 (dua puluh satu) kali pengukuran (2007 - 2013), debit *head pond* minimum terjadi pada bulan Oktober 2008, yaitu 3.278 l/s. Hal ini diperkirakan terjadi akibat berubahnya pola iklim yang berdampak pada turunnya intensitas curah hujan di wilayah Pasuruan pada periode tersebut. Hasil pengukuran terakhir bulan Mei - Juni 2013, menunjukkan besaran debit *head pond* Umbulan menghasilkan angka terendah 3.509 l/s, tertinggi 3.822 l/s, dan rata-rata 3.696 l/s. Besaran debit tapak menghasilkan angka terendah 3.743 l/s, tertinggi 4.162 l/s, dan rata-rata 3.909 l/s. Debit 3 saluran tapak yang tidak bisa diukur menunjukkan angka debit rata-rata 571 l/s.

2 Pengukuran Debit Mata Air Lainnya di Sekitar Umbulan

Selain Mata Air Umbulan, di wilayah Kecamatan Winongan ditemukan pula sumber mata air lain yang berpotensi untuk dimanfaatkan, diantaranya Sumber Kali Semut, Mego, Trobayan,

Watugajah, dan Banyubiru (Gambar 5). Dua sumber air diantaranya mempunyai debit cukup besar yaitu Sumber Banyu Biru dan Kali Semut, masing - masing 386 l/s dan 217,5 l/s (Tabel 2). Pada saat ini, Sumber Kali Semut belum dimanfaatkan, tetapi mengalir seluruhnya ke Kali Rejoso. Sumber mata air tersebut cukup potensial untuk dimanfaatkan secara optimal, sehingga perlu pula dilakukan pengukuran secara kontinu.

Seperti halnya pada Mata Air Umbulan, pengukuran debit sesaat mata air lainnya di sekitar Umbulan juga telah dilaksanakan sejak tahun 2007. Kondisi debit terakhir dari masing - masing sumber mata air yang terukur pada bulan Juni 2013 tertera pada Tabel 2. Berdasarkan hasil investigasi di lapangan, hampir seluruh sumber mata air tersebut belum dimanfaatkan oleh pemerintah daerah maupun masyarakat sekitar, kecuali Mata Air Banyubiru yang telah dimanfaatkan untuk sumber air PDAM Kabupaten Pasuruan dan sarana rekreasi kolam renang bagi masyarakat setempat.



Gambar 5 Lokasi mata air di sekitar Umbulan

Tabel 2 Hasil pengukuran debit mata air di sekitar Umbulan bulan Juni 2013

No	Nama Mata Air	Lokasi (Desa, Kecamatan)	Debit (l/s)	Keterangan
1	Kali Semut	Umbulan, Winongan	217,5	Belum dimanfaatkan
2	Banyubiru	Umbulan, Winongan	386	Titik pengukuran pada saluran sisa pemanfaatan dari kolam renang
3	Watugajah	Sruwi, Winongan	6,5	Belum dimanfaatkan
4	Mego	Sruwi, Winongan	26	Belum dimanfaatkan
5	Trobayan	Sruwi, Winongan	22,5	Belum dimanfaatkan

Sumber Banyu Biru dan Kali Semut yang berlokasi di Desa Umbulan dengan debit masing – masing 386 l/s dan 217,5 l/s, berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber air baku tambahan. Sumber Trobayan, Mego, dan Watugajah yang berlokasi di Desa Sruwi dengan debit < 100 l/s sementara ini hanya dimanfaatkan untuk mengairi sawah dan kebun tebu. Debit sumber – sumber mata air tersebut yang terukur sejak Februari 2007 hingga Juni 2013 ditampilkan pada grafik di bawah ini (Gambar 6).

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa debit mata air di sekitar Umbulan berfluktuasi dari tahun ke tahun. Debit rata – rata Sumber Kali Semut 272,7 l/s dengan debit minimum yang terukur 191 l/s dan debit maksimum yang terukur 327 l/s. Debit rata – rata Sumber Banyubiru 348,9 l/s dengan debit minimum yang terukur 230,1 l/s dan debit maksimum yang terukur 403 l/s. Debit rata – rata Sumber Watugajah 12 l/s dengan debit minimum yang terukur 6 l/s dan debit maksimum yang terukur 22 l/s. Debit rata – rata Sumber Mego 30,9 l/s dengan debit minimum yang terukur 4,5 l/s dan debit maksimum yang terukur 44 l/s. Debit rata – rata Sumber Trobayan 44,5 l/s dengan debit minimum yang terukur 22 l/s dan debit maksimum yang terukur 63 l/s.

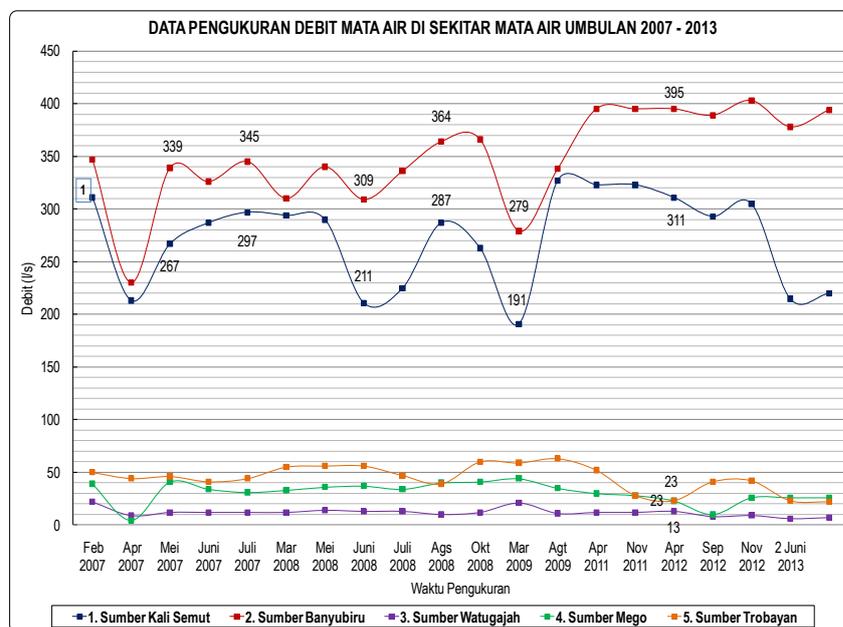
3 Pemeriksaan Kualitas Air

Analisis kualitas air Umbulan perlu dilakukan untuk mendukung kelayakan sumber mata air tersebut dari segi kualitasnya. Pemeriksaan kualitas air dilakukan di 4 lokasi pada saluran utama melalui pengukuran langsung di

lapangan serta pengambilan contoh air untuk diuji di Laboratorium. Lokasi pengambilan sampel tersebut merupakan titik – titik rencana pemanfaatan Mata Air Umbulan yang terdiri dari kolam penurapan, rencana unit produksi (B8), BD-1 setelah inflow dari Bendung Daren, dan Pos AWLR Rejoso Hulu. Pengujian contoh air dari keempat lokasi tersebut dianalisis berdasarkan baku mutu Permenkes No. 416 Tahun 1990 dan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Kelas I yang dilengkapi dengan pemeriksaan kandungan bakteri E.Coli, karena sumber mata air tersebut rencananya akan digunakan secara langsung sebagai air baku air minum. Hasil pemeriksaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan baku mutu PP No. 82 Tahun 2001, kualitas air pada kolam penurapan dan titik B8 sudah memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan untuk air baku air minum. Sedangkan kualitas air pada titik pengukuran BD-1 dan Pos AWLR memiliki parameter Total Koli masing – masing 17.600/100 mL dan 32.000/100 mL. Kualitas air pada titik BD-1 dan Pos AWLR dapat dimanfaatkan sebagai air baku air minum apabila dilakukan pengolahan sederhana dengan koagulasi.

Kandungan Total Koli di kolam penurapan 80/100 mL, titik B8 300/100 mL, titik BD-1 17.600/100 mL, dan Pos AWLR 32.000/100 mL, sehingga berdasarkan baku mutu Permenkes No.416 Tahun 1990 dapat diketahui bahwa sumber air Umbulan dapat dimanfaatkan sebagai air bersih dan dapat diminum apabila telah dimasak.



Gambar 6 Fluktuasi debit mata air di sekitar Umbulan tahun 2007-2013

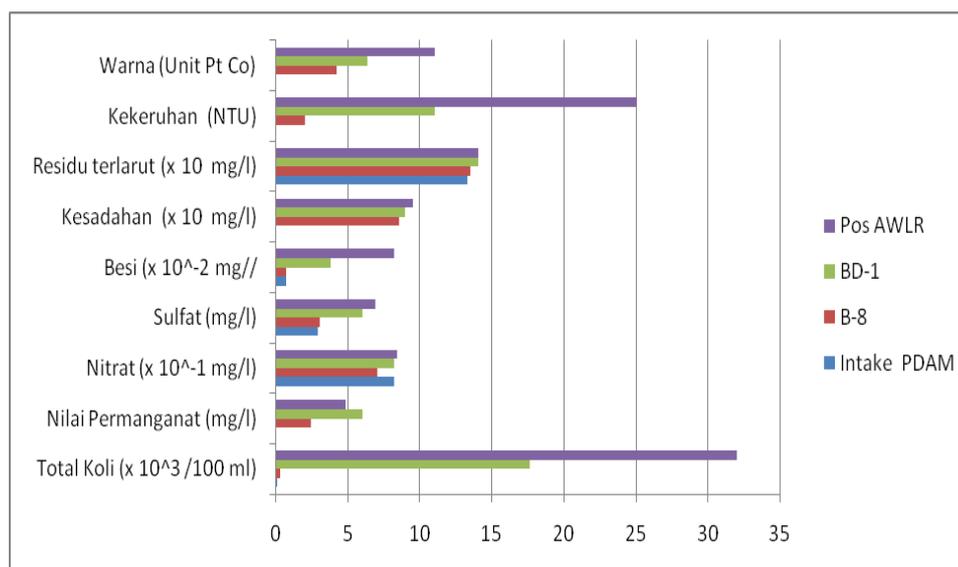
Tabel 3 Hasil pengujian kualitas air Umbulan

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu		Lokasi Pengukuran			
			Permenkes No. 416 Tahun 1990	PP No. 82 Tahun 2001 Kelas I	Kolam Penurapan	B8	BD-1	Pos AWLR
	Fisika							
1	Bau	-	Tidak berbau	-	-	-	-	-
2	Rasa	-	Tidak berasa	-	-	-	-	-
3	Suhu	°C	-	-	24,2	24,7	25,4	25,3
4	Warna	Unit PtCo	50	-	-	4,2	6,3	11
5	Kekeruhan	NTU	25	-	-	2	11	25
6	Residu Terlarut	mg/L	1.500	1.000	133	135	140	140
7	Residu Tersuspensi	mg/L	-	50	1,4	-	-	-
	Kimia							
8	pH	-	6,5 – 9	6-9	7	7,2	7	6,7
9	BOD	mg/L	-	2	0,8	-	-	-
10	COD	mg/L	-	10	<5	-	-	-
11	DO	mg/L	-	6	7,1	-	-	-
12	Total Fosfat (PO ₄ -P)	mg/L	-	0,2	0,159	-	-	-
13	Amonia Total (NH ₃ -N)	mg/L	-	0,5	0,225	-	-	-
14	Arsen (As)	mg/L	-	0,05	-	-	-	-
15	Cobalt (Co)	mg/L	-	0,2	-	-	-	-
16	Boron (B)	mg/L	-	1	<0,06	-	-	-
17	Selenium (Se)	mg/L	-	0,01	-	-	-	-
18	Air Raksa (Hg)	mg/L	-	0,001	-	-	-	-
19	Klorin Bebas (Cl ₂)	mg/L	-	0,03	<0,02	-	-	-
20	Sulfida (H ₂ S)	mg/L	-	0,002	<0,04	-	-	-
21	Kesadahan	mg/L CaCO ₃	500	-	-	85,4	89,3	95,1
22	Besi (Fe)	mg/L	1	0,3	<0,007	<0,007	0,038	0,082
23	Mangan (Mn)	mg/L	0,5	0,1	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
24	Tembaga (Cu)	mg/L	-	0,02	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
25	Seng (Zn)	mg/L	15	0,05	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
26	Krom VI (Cr)	mg/L	0,05	0,05	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004
28	Kadmium (Cd)	mg/L	0,005	0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
29	Timbal (Pb)	mg/L	0,05	0,03	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
30	Flourida (F)	mg/L	1,5	0,5	0,285	0,280	0,453	0,3
31	Klorida (Cl)	mg/L	600	600	2	2,5	2,5	2
32	Sulfat (SO ₄)	mg/L	400	400	2,9	3	6	6,9
33	Sianida (CN)	mg/L	0,1	0,02	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
34	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/L	10	10	0,82	0,7	0,82	0,84
35	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/L	1	0,06	<0,003	0,004	<0,003	<0,003
36	Senyawa Aktif Birumetilen	mg/L	0,5	-	-	<0,02	<0,02	<0,02
37	Nilai Permanganat	mg/L KMnO ₄	10	-	-	2,4	6	4,8
38	Minyak dan Lemak	mg/L	-	1	<0,1	-	-	-
39	Detergen	mg/L	-	0,2	<0,02	-	-	-
40	Fenol	mg/L	-	0,001	<0,003	-	-	-
	Bakteriologi							
41	Total Koli	Jumlah/100 mL	50	1000	80	300	17600	32000
42	Fecal Coliform	Jumlah/100 mL	-	100	70	-	-	-

Mata Air Umbulan dialirkan ke saluran utama, saluran PDAM Surabaya, saluran irigasi, saluran balai benih ikan, dan sebagainya. Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa sebagian besar air mengalir ke saluran utama yang pada akhirnya sampai ke Kali Rejoso. Beberapa parameter kualitas air yang diperiksa pada saluran utama, yang dimulai dari kolam penurapan (intake PDAM), B-8, BD-1, hingga sampai pada Pos AWLR Kali Rejoso telah mengalami perubahan yang cukup signifikan.

Semakin ke hilir kualitas air Umbulan semakin buruk, terutama parameter kekeruhan dan kandungan Total Koli. Perubahan beberapa

parameter kualitas air Mata Air Umbulan, yaitu warna, kekeruhan, residu terlarut, kesadahan, Besi, Sulfat, Nitrat, Nilai Permanganat, dan Total Koli ditunjukkan pada grafik dalam Gambar 7. Peningkatan beberapa parameter kualitas air di titik B-8 kemungkinan disebabkan oleh adanya suplesi dari 3 saluran/tapak, yaitu Sumber Buntung, Sumber Gedang, dan Sumber Janti yang merupakan sisa penggunaan air untuk irigasi. Peningkatan kekeruhan terus terjadi pada titik pemantauan di BD-1 dan Pos AWLR yang disebabkan oleh adanya pengaruh aliran masuk dari Kali Curah Malang yang melewati Bendung Daren yang membawa banyak sedimen.



Gambar 7 Peningkatan parameter kualitas air di saluran utama Umbulan

Tabel 4 Debit Andalan Mata Air Umbulan

Tahun	Minimum		Maksimum		Rata-rata		Q ₉₀	
	Head pond (l/s)	Tapak (l/s)						
2007	3.661,93	4.013,35	4.722,93	4.914,58	4.004,63	4.380,87	3.800,38	4.178,27
2008	3.396,61	3.849,02	4.119,11	5.265,11	3.836,18	4.470,65	3.729,25	4.281,97
2009	3.625,05	3.891,21	4.174,51	6.524,11	3.849,10	4.448,36	3.684,57	4.036,57
2010	3.484,92	3.901,10	3.884,63	6.767,10	3.673,13	5.068,92	3.580,57	3.937,58
2011	3.661,53	5.575,66	4.236,42	7.112,76	3.902,80	6.282,86	3.699,88	5.754,77
2012	3.484,01	4.041,40	4.817,43	5.689,19	3.974,76	4.794,14	3.781,62	4.459,10
2007-2012	2.129,00	3.849,00	4.817,00	7.113,00	3.869,51	4.907,34	3.661,00	4.155,00

Sumber: Data Series BWS Gembong-Pekalen

4 Keandalan Debit Mata Air Umbulan

Analisis debit andalan dalam kegiatan ini diperlukan untuk mengetahui keandalan debit Mata Air Umbulan agar dapat dimanfaatkan secara optimal. Keandalan debit Mata Air Umbulan dihitung melalui pengolahan dua jenis data, yaitu data pengukuran sesaat sebanyak 21 (dua puluh satu) kali pengukuran yang dilakukan oleh Puslitbang SDA pada periode tahun 2007 – 2013 dan data debit harian periode 2007 – 2012 yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Gembong Pekalen. Analisis keandalan debit dilakukan baik untuk debit *head pond* maupun debit tapak.

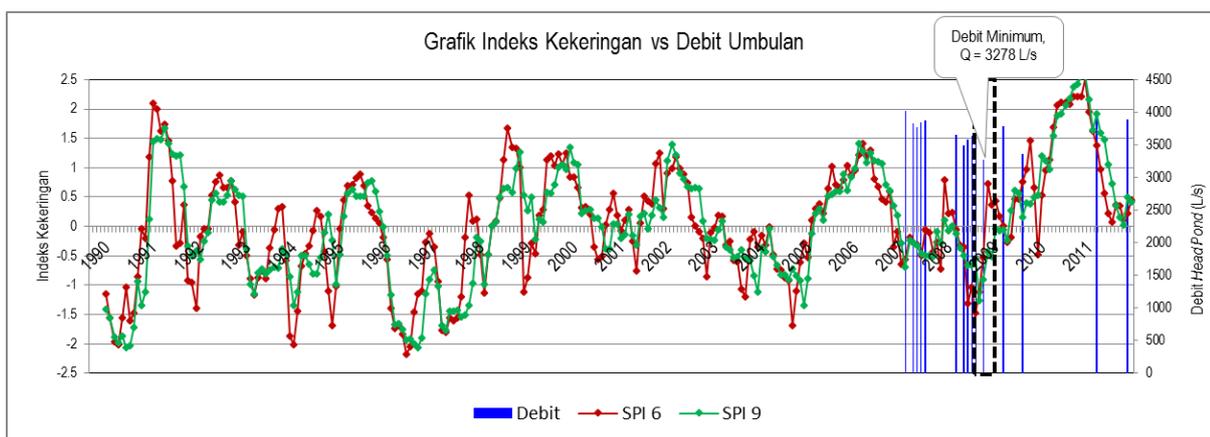
Debit andalan dihitung berdasarkan data debit harian dari Balai Wilayah Sungai Gembong Pekalen karena data tersebut bersifat kontinu. Data debit minimum, debit maksimum, debit rata – rata, dan debit andalan Mata Air Umbulan secara lengkap disajikan pada Tabel 4. Pada tabel tersebut dapat diketahui bahwa debit andalan (Q₉₀) Mata

Air Umbulan untuk debit *head pond* sebesar 3.661 l/s dan debit tapak sebesar 4.155 l/s.

Keandalan debit Mata Air Umbulan juga dihitung dari data debit sesaat hasil pengukuran yang dilakukan oleh Puslitbang Sumber Daya Air periode tahun 2007 - 2013. Akan tetapi data tersebut tidak kontinu, sehingga tidak dapat dilakukan perhitungan debit andalan seperti yang dilakukan pada data harian yang kontinu. Oleh karena itu, keandalan debit Mata Air Umbulan dari data debit sesaat ini diestimasi berdasarkan kondisi terekstrim, yaitu debit minimum. Debit minimum yang dihasilkan dari 21 (dua puluh satu) kali pengukuran untuk debit *head pond* sebesar 3.278 l/s pada bulan Oktober 2008, sedangkan untuk debit tapak sebesar 3.743 l/s pada bulan Mei 2013. Hasil pengolahan data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5. Sehingga besaran debit Mata Air Umbulan paling aman untuk dimanfaatkan adalah sebesar 3.200 l/s.

Tabel 5 Debit Mata Air Umbulan berdasarkan pengukuran tahun 2007 – 2013

No	Titik Pengukuran	Lokasi	Max (l/s)	Min (l/s)	Rata ² (l/s)
1	B6	Saluran Irigasi (26 ha)	426,0	81,0	236,1
2	B7	Balai Benih Ikan	186,0	81,0	119,6
3	B1	Saluran Baypass (kiri)	1.427,0	871,0	1.230,6
4	B5	Saluran Utama dari Kolam renang	893,0	320,0	480,6
5	B2	Menuju turbin PDAM Pasuruan	1.607,0	1.193,0	1.356,6
5	B8	Rencana Unit Produksi	4.120,0	3.074,0	3.660,0
7	BD1	Setelah suplesi dari Bd Daren			4.373,0
8	Kali Rejoso Hulu	Pos AWLR Rejoso Hulu	5.926,0	4.108,0	4.641,0
9	PDAM Pasuruan		273,0	182,5	
10	PDAM Surabaya		110,0	100,0	
11	SS (Limpasan)	Aliran pelimpah dari PDAM Pasuruan			168,3
12	B3	Aliran sisa dari PDAM Pasuruan			1.501,3
13	Jatibun	Setelah inflow 3 saluran tapak			1.885,5
14	3 Tapak				571,0
Debit Head pond (B6+B7+B1+B5+B2+PDAM Pasuruan+ Surabaya)			4.028,0	3.278,0	3.740,4
Debit Tapak (B6+B7+B8+PDAM Pasuruan+PDAM Surabaya)			4.846,0	3.743,0	4.330,8



Gambar 8 Grafik indeks kekeringan dan debit Umbulan

5 Analisis Pengaruh Kekeringan Terhadap Debit Mata Air Umbulan

Dalam rangka memperkuat keyakinan hasil perhitungan keandalan debit Mata Air Umbulan, maka dilakukan analisis data curah hujan untuk mengetahui respons perubahan debit terhadap perilaku curah hujan setempat. Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan bulanan Pos Winongan dari tahun 1990 – 2011 yang diasumsikan dapat merepresentasikan kondisi curah hujan rata – rata wilayah setempat. Data tersebut diolah secara statistik untuk menganalisis indeks kekeringan wilayah setempat dengan metoda *Standardize Precipitation Index (SPI)*. Indeks kekeringan ini dihitung untuk mengetahui besar penyimpangan dari kondisi normal. Metoda SPI memberikan pengertian bahwa bila hujan yang turun mengecil akan mengakibatkan kandungan air dalam tanah dan debit aliran berkurang. Karena tanggapan anomali curah hujan untuk air tanah cukup lama, maka digunakan SPI 3, 6, 9, dan 12 (Adidarma, 2010).

Hasil analisis SPI selama kurun waktu 21 tahun menunjukkan bahwa fluktuasi debit Mata Air Umbulan pada periode tahun 2007 – 2013 memiliki pola yang sama dengan pola indeks kekeringan. Nilai debit Mata Air Umbulan minimum yang terjadi pada bulan Oktober 2008 sebesar 3.278 l/s menunjukkan kategori indeks kekeringan cukup kering untuk SPI 6 dan 9 (Gambar 8).

Berdasarkan perhitungan indeks kekeringan yang ditunjukkan pada Gambar 8, tercatat bahwa wilayah setempat pernah mengalami kondisi sangat kering pada periode tahun 1993 – 1999, sedangkan pengukuran yang dilakukan oleh Puslitbang SDA periode tahun 2007 – 2011 termasuk periode tahun basah yang cukup panjang. Berdasarkan analisis di atas serta analisis perioda ulang, maka kekeringan di wilayah Umbulan pada masa mendatang bisa saja terulang dengan intensitas yang serupa atau malah dengan kondisi yang lebih ekstrim. Hal itu tentunya akan berpengaruh pada keberlangsungan debit Mata Air Umbulan. Analisis ini dapat dijadikan bahan untuk

antisipasi bahwa nilai debit terendah Mata Air Umbulan (3.278 l/s) bukan merupakan nilai yang mutlak. Terlebih lagi dengan adanya isue perubahan iklim akibat pemanasan global (*global warming*) yang menyebabkan meningkatnya intensitas bencana kekeringan ekstrim di wilayah Pulau Jawa khususnya. Oleh karena itu perlu dilakukan antisipasi sedini mungkin agar ketersediaan debit Mata Air Umbulan tetap terjaga dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Indikasi penurunan debit *head pond* Mata Air Umbulan yang terpantau sejak Februari 2007 – Juni 2013 terlihat pada nilai debitnya yang selalu berada di bawah 4.000 l/s dan belum pernah kembali ke kondisi awal pengukuran yaitu 4028 l/s.

Mata Air Kali Semut dengan debit rata – rata 272.7 l/s dan Mata Air Banyubiru dengan debit rata – rata 348.9 l/s berpotensi untuk dijadikan sumber air baku tambahan

Kualitas air Umbulan di titik rencana pengambilan B8 dan kolam penurapan sudah memenuhi persyaratan air baku air minum menurut PP No. 82 Tahun 2001, sedangkan di titik BD-1 dan AWLR perlu dilakukan pengolahan sederhana berupa koagulasi terlebih dahulu sebelum dimanfaatkan. Berdasarkan baku mutu Permenkes No. 416 Tahun 1990, sumber air Umbulan dapat dimanfaatkan sebagai air bersih dan dapat diminum apabila telah dimasak.

Kualitas air Umbulan semakin ke hilir semakin menurun, terutama parameter NTU dan Total Koli, akibat adanya pengaruh suplesi dari 3 saluran tapak dan aliran masuk dari Bendung Daren.

Besaran debit Mata Air Umbulan yang paling aman untuk dimanfaatkan berdasarkan analisis keandalan debit mata air tersebut adalah untuk debit *head pond* ± 3.200 l/s sedangkan untuk debit tapak ± 3.700 l/s.

Analisis hubungan debit Mata Air Umbulan terhadap indeks kekeringan menghasilkan pola yang mirip. Hal ini menjadi bahan antisipasi bahwa kondisi debit terekstrim mata air tersebut bukanlah nilai yang mutlak dan diprediksi ke depan kemungkinan besar dapat turun ke nilai yang lebih rendah lagi.

Hasil akhir dari penelitian ini adalah berupa usulan terkait pemanfaatan Mata Air Umbulan secara optimal berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan baik dari segi kuantitas maupun

kualitasnya. Beberapa strategi dan upaya yang diusulkan adalah sebagai berikut.

- 1 Ditinjau dari segi kuantitas, besaran debit Umbulan paling aman dapat dimanfaatkan dari *head pond* adalah sebesar ± 3.200 l/s, termasuk pengambilan PDAM Pasuruan, PDAM Surabaya, saluran Irigasi dan Saluran Balai Benih Ikan serta dari tapak di B8 (Rencana Unit Produksi) sebesar ± 900 l/s (pada kondisi yang sama). Jika ditinjau dari segi kualitas, air yang dimanfaatkan dari *head pond* (kolam penurapan) dapat dimanfaatkan sebagai air bersih dan dapat diminum apabila telah dimasak terlebih dahulu.
- 2 Perlu adanya efisiensi penggunaan air untuk irigasi yang dialirkan melalui saluran B6 dan air untuk Balai Benih Ikan yang dialirkan melalui saluran B7. Besaran debit dapat ditentukan setelah dilakukan perhitungan optimasi kebutuhan air untuk irigasi seluas 26 ha dan kebutuhan perikanan
- 3 Perlu dilakukan penataan pada saluran *by pass* mulai dari titik pengukuran B1, inflow dari 3 (tiga) saluran tapak sampai dengan titik pengukuran B8, karena kemungkinan besar terdapat rembesan lain yang masuk ke dalam saluran *by pass* tersebut. Hal ini dilakukan agar inflow dari 3 (tiga) saluran tapak yakni Sumber Janti, Sumber Gedang, dan Sumber Buntung dapat diukur secara tepat.
- 4 Dalam rangka pemantauan debit Mata Air Umbulan, maka perlu dilakukan pengukuran besaran debit secara kontinyu pada 11 (sebelas) titik di Umbulan.
- 5 Mata air di sekitar Umbulan yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber air baku tambahan, yaitu Mata Air Banyu Biru dengan debit rata – rata 348.9 l/s dan Mata Air Kali Semut dengan debit rata – rata 272.7 l/s.
- 6 Melakukan pengaturan pemanfaatan sumur artesis yaitu tidak diperkenankan lagi air keluar terbuang tanpa terpakai. Perlu dilakukan uji tinggi muka air-debit untuk mengatur rekomendasi tentang tinggi air oncoran.

DAFTAR PUSTAKA

- Adidarma, W. 2010. *Penyiapan Model yang Siap Pakai untuk Analisis Banjir, Kekeringan, dan Potensi SDA (Penyiapan dan Pelatihan Software)*. Konsinyasi Peningkatan Kualitas Data Hidrologi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum
- BPSDA WS Gembong Pekalen. 2012. *Laporan Akhir Tahun Publikasi Data Debit Sungai Tahun 2012*. Pemerintah Propinsi Jawa Timur, Dinas Pekerjaan Umum Pengairan, BPSDA WS Gembong Pekalen
- Ditjen Pengairan. 1985. *Kriteria Perencanaan Jaringan Irigasi KP-01*. Direktorat Jenderal Pengairan
- Hiscock .K .2005. *Hydrogeology Principles And Practice*. Blackwell Publishing, USA-UK-Australia
- Kresic Neven. 2009. *Groundwater Resources*. Mc Graw Hill Companies, Inc USA
- Kementerian Kesehatan. 1990. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 416 tentang Syarat – Syarat dan Pengawasan Kualitas Air*. Sekretariat Negara Republik Indonesia
- More.John E.2010. *Field Hydrogeology*. CRC Press Taylor & FrancisGroup. Boca Raton New York.
- Paul L.Yonger, 2007, *Groundwater in the Environment*, Blackwell Publishing, USA-UK-Australia.
- Pemerintah Kabupaten Pasuruan. 2003. *Review Rencana Tata Ruang Wilayah Kab. Pasuruan, Fakta dan Analisa Tahun 2003-2013*. BPPD Pemerintah Kabupaten Pasuruan .
- Puslitbang Sumber Daya Air. 2008. *Penelitian Hidrogeologi Daerah Umbulan*. Departemen Pekerjaan Umum, Puslitbang Sumber Daya air, Bandung.
- Republik Indonesia. 2001. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Rushton.K.R. 2003. *Groundwater Hydrology*.John Wiley& Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England.
- Sihwanto. 2006. *Penyelidikan Konservasi Air Tanah di Cekungan Air Tanah Pasuruan Provinsi Jawa Timur*. Pusat Lingkungan Geologi, Badan Geologi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Bandung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Balai Wilayah Sungai Gembong Pekalen yang telah membantu dalam penyediaan data Umbulan dan juga kepada PDAB (Perusahaan Daerah Air Bersih) Propinsi Jawa Timur yang telah membantu selama pengukuran di lapangan serta Dr. Ir. Wanny K. Adidarma, M.Sc. yang telah memberikan masukan sehingga tulisan ini dapat terwujud.