

PENGARUH SELOKAN MATARAM TERHADAP KUALITAS AIRTANAH DI DAERAH ANTARA KALI CODE DAN KALI PELANG

Miftahul Jannah
miftahuljann@gmail.com

Sudarmadji
sudarmadji@ugm.ac.id

Abstract

The aims of this research are (1) to assess the water values of DO, BOD, COD, NO₂ and NO₃ of Mataram Ditch and their values in groundwater; (2) to examine the influence of water quality of Mataram Ditch on groundwater alongside it. Water table measurement is conducted to understand the flowing direction of groundwater. The water quality of Mataram Ditch and groundwater are obtained by laboratory test. The result shows the values of BOD, COD, NO₂ and NO₃ in Mataram Ditch between Code River and Pelang River are varied. It values are higher on the location of Pogung Dalangan and Santren. The values of BOD, COD, NO₂ and NO₃ of the groundwater on discharge area are higher than the values on recharge area. The influence of water quality of Mataram Ditch on its surrounding groundwater is not significant, so groundwater will remain safe from the possibility of waste water contamination.

Keywords: Mataram Ditch, groundwater, water quality

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk (1) Mengkaji nilai DO, BOD, COD, NO₂ dan NO₃ air Selokan Mataram dan airtanah; (2) Mengkaji pengaruh kualitas air Selokan Mataram terhadap kualitas airtanah di sekitarnya. Pengukuran tinggi muka airtanah dilakukan untuk mengetahui arah aliran airtanah. Kualitas air Selokan Mataram dan airtanah diperoleh dari uji laboratorium. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai BOD, COD, NO₂, dan NO₃ air Selokan Mataram dari Kali Code hingga Kali Pelang bervariasi. Nilainya tercatat lebih tinggi pada lokasi pengambilan Pogung Dalangan dan Santren. Nilai BOD, COD, NO₂ dan NO₃ airtanah di daerah hilir lebih tinggi daripada hulu. Pengaruh kualitas air dari Selokan Mataram ke airtanah di sekitarnya belum signifikan, sehingga airtanah masih aman dari kemungkinan kontaminasi air limbah.

Kata Kunci: Selokan Mataram, airtanah, kualitas air

PENDAHULUAN

Air memiliki peranan yang penting dalam menopang kehidupan manusia. Sebagian masyarakat D.I. Yogyakarta menggunakan air permukaan seperti air sungai untuk memenuhi kebutuhan, sebagian lagi menggunakan airtanah. Rhagunath (1987) mengutarakan airtanah bebas lebih banyak digunakan masyarakat luas, terutama karena persediaannya yang mencukupi dan relatif aman dari bakteri.

Keberadaan air di bawah permukaan (*subsurface water*) memiliki hubungan erat dengan air permukaan (*surface water*). Apabila terjadi perubahan perilaku secara kuantitatif pada salah satunya, maka akan berpengaruh pada bagian air yang lain. Oleh karena itu, setiap kegiatan yang diduga berpengaruh terhadap perilaku air, maka perlu ditinjau keduanya (Rhagunath, 1987).

Dewasa ini, telah berkembang luas kawasan perkotaan di D.I. Yogyakarta yang berarti banyak terjadi perubahan pola tata guna lahan. Salah satu koridor perluasan kawasan perkotaan ini berada di Kecamatan Depok, tepatnya di sisi utara Universitas Gadjah Mada. Seiring dengan munculnya kawasan perkotaan ini, perlu diteliti pengaruhnya terhadap lingkungan. Hal ini dikarenakan intensitas kegiatan manusia (*human activities*), menurut Harto (1993), dapat menimbulkan perubahan sifat hidrologik secara perlahan-lahan ataupun secara mendadak.

Sebagai kawasan budidaya pertanian yang banyak membutuhkan air untuk irigasi, Yogyakarta melalui pemerintahannya di era penjajahan Jepang membangun saluran irigasi Selokan Mataram (Kanal Yoshiro). Proyek irigasi ini dimulai sekitar tahun 1943-1944 dengan gagasan membuat saluran yang menghubungkan Sungai Progo dengan Sungai Opak, yakni menyuplai kebutuhan air irigasi dari Sungai Progo yang kemudian bermuara di Sungai Opak. Selain bersumber dari Sungai Progo, Selokan Mataram mendapat imbuhan air

dari air hujan, air limpasan, rembesan (*seepage*), serta airtanah di sekitarnya.

Seiring perkembangan waktu, kawasan budidaya pertanian yang dilewati oleh Selokan Mataram berkurang sedikit demi sedikit. Kawasan budidaya pertanian yang dilewati jalur Selokan Mataram dan berada di dekat Kota Yogyakarta sudah mengalami banyak perubahan menjadi area permukiman di tengah kawasan perluasan perkotaan.

Salah satu kawasan terpadat hasil perluasan perkotaan yang dilewati Selokan Mataram, sebagaimana telah menunjukkan kenampakan fisik kekotaan berada di antara Kali Code dan Kali Pelang. Permukiman yang muncul di kawasan tersebut berada di dekat Selokan Mataram, bahkan sebagian diantaranya berjarak kurang dari 5 meter. Kondisi ini dikhawatirkan dapat mempengaruhi fungsi selokan.

Secara umum, airtanah di D.I. Yogyakarta bagian tengah mengalir dari utara menuju ke selatan mengikuti *water table*, hal ini sesuai dengan pola aliran airtanah hasil penelitian Yudistira pada tahun 2013. Aliran airtanah mengikuti kontur daerah penelitian yang masih termasuk wilayah satuan Gunungapi Merapi, sehingga secara umum mengarah ke selatan (Yudistira, 2013).

Selokan Mataram saat ini diketahui tidak hanya melalukan air dari Sungai Progo, tetapi juga turut membawa air limbah dari masyarakat yang tinggal dan beraktivitas di sekitar selokan. Aliran airtanah yang cenderung ke sisi selatan (ke lokasi yang lebih rendah) dan adanya polutan yang terbawa oleh air selokan, maka dikhawatirkan menyebabkan airtanah di sekitarnya juga turut terkena imbuhan dan atau rembesan dari air selokan tersebut sehingga turut terkontaminasi. Bersamaan dengan telah ditemukannya kegiatan yang diduga berpengaruh terhadap perilaku air, maka pengkajian keduanya, baik air Selokan Mataram maupun airtanah di sekitarnya perlu dilakukan. Salah satu cara mengkaji air Selokan Mataram dan

airtanah dapat dilakukan dengan meneliti kualitas air, dengan pengujian laboratorium untuk nilai DO, BOD, COD, NO₂, dan NO₃.

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut (1) Mengkaji nilai DO, BOD, COD, NO₂ dan NO₃ air Selokan Mataram dan airtanah; (2) Mengkaji pengaruh kualitas air Selokan Mataram terhadap kualitas airtanah di sekitarnya.

Akuifer (*aquifer*) merupakan formasi batuan yang dapat menyimpan dan melalukan air dalam jumlah cukup (Todd, 1980). Zona akuifer tidak jenuh (zona aerasi) adalah zona penyimpan airtanah dan berperanan penting dalam mengurangi kadar pencemaran air selain juga merupakan zona pengisian kembali airtanah. Sementara zona akuifer jenuh, pori-pori tanah kesemuanya telah terisi oleh air di bawah tekanan hidrostatik, atau lebih sering disebut sebagai zona airtanah. Batas atas dari zona jenuh dikenal sebagai muka airtanah (*water table*). Muka airtanah dapat diketahui dari ketinggian muka air sumur (Asdak, 2010). Berdasarkan pengukuran ketinggian muka air sumur ini, akan diketahui ada atau tidaknya fluktuasi permukaan airtanah.

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi fluktuasi permukaan airtanah (akuifer bebas) menurut Seyhan (1977) di antaranya sebaran curah hujan, fluktuasi aliran air sungai, pengisian kembali buatan/ abstraksi, serta pengendalian (saluran air, parit). Saat kemarau, muka airtanah turun, sehingga mataair tidak lagi keluar. Kondisi ini, di beberapa formasi geologi mendorong adanya rembesan air sungai ke akuifer (airtanah) disebut sebagai sungai influen (Asdak, 2010).

Aliran permukaan adalah air hasil kelebihan infiltrasi dan atau dari kejenuhan tanah yang berada di atas permukaan tanah melalui saluran, parit, kanal, atau sungai. Selain terdapat saluran yang terbentuk secara alami, juga terdapat saluran yang sengaja dibentuk oleh manusia, dan salah satunya disebut selokan.

Sifat-sifat hidrolis saluran ini dapat diatur menurut peruntukan dan perencananya.

Selokan (*ditch*) merupakan saluran irigasi yang berfungsi menyalurkan air. Selokan Mataram merupakan saluran irigasi dengan dasar yang tidak bersemen (Dartoyo, 1990 dalam Isti Adiarti 2011). Dartoyo lebih lanjut menyatakan bahwa kehilangan air (menjadi rembesan) pada Selokan Mataram kurang lebih sebesar 25% dari sumber. Secara kuantitatif, rembesan tersebut berpengaruh terhadap imbuhan airtanah dibawahnya, yaitu di sekitar selokan. Berikut merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi rembesan.

Faktor-faktor utama yang diketahui memiliki efek pasti pada tingkat rembesan menurut Kraatz (1977), yaitu karakteristik tanah pada wilayah yang dilalui saluran, kedalaman air pada kanal/saluran, penampang basah saluran dan kedalaman airtanah, banyaknya sedimen dalam air, kecepatan aliran dan lamanya saluran digunakan.

Faktor-faktor tersebut saling berkaitan. Bouwer (dalam Kraatz, 1977) menemukan hubungan antara rembesan dan kedalaman air pada saluran, kedalaman airtanah dan penampang basah dari saluran, sebagai berikut. Rembesan meningkat seiring meningkatnya kedalaman air pada saluran. Rembesan meningkat seiring bertambahnya selisih antara permukaan air pada saluran dengan muka airtanah. Ketika selisihnya lebih dari lima kali lebar saluran, rembesan mencapai batas atas atau disebut 'kondisi tak terbatas'.

Distribusi rembesan sepanjang dasar dan sisi saluran bergantung pada posisi muka airtanah atau lapisan kedap air. Ketika muka airtanah dangkal, rembesan dari sisi saluran lebih besar dibandingkan rembesan dari dasar, begitu pula sebaliknya dengan muka airtanah yang dalam. Rembesan maksimum pada semua kasus terjadi pada pangkal lereng saluran, yaitu pada pertemuan antara dasar dan sisi saluran. Kedalaman signifikan yang menyebabkan tanah berpengaruh pada rembesan diketahui sebesar

lima kali dari lebar saluran. Secara lateral, ketika kedalaman saluran sepuluh kali dari lebarnya, pengaruh rembesan tidaklah signifikan.

Kualitas air (*water quality*) adalah tingkat kesesuaian air dalam pemenuhan kebutuhan tertentu bagi kehidupan manusia (Arsyad, 2010). Kualitas air di suatu tempat berbeda dengan tempat lain. Demikian dengan kualitas airtanah dan air permukaan juga tidak sama.

Parameter yang dapat mengukur kondisi perairan terbagi menjadi parameter fisika, kimia, serta biologi. Kadar oksigen, sebagai parameter kimia perairan, secara alami akan dijumpai dalam bentuk gas oksigen terlarut. Kadar oksigen ini berfluktuasi dengan dipengaruhi oleh proses pencampuran, pergerakan massa air, respirasi, fotosintesis, juga adanya limbah yang masuk ke badan air. Oksigen yang menurun di bagian dasar perairan banyak disebabkan oleh proses dekomposisi bahan organik yang membutuhkan oksigen terlarut. Sejumlah nitrogen diperlukan untuk pertumbuhan mikroorganisme. Apabila bahan organik yang mengalami dekomposisi mengandung banyak nitrogen, maka organisme tumbuh baik. Nitrogen tersebut juga sebagian dilepas ke perairan mengalami mineralisasi (Effendi, 2003). Sementara itu, karakteristik kimiawi limbah cair dapat berupa parameter kimia organik (BOD, COD), parameter kimia anorganik (pH, logam berat, belerang, cyanida) dan parameter gas (N₂, O₂, CO₂).

Airtanah berhubungan erat dengan air permukaan. Sesuai hukum Darcy, apabila pengambilan airtanah semakin banyak dilakukan, maka akan terjadi penurunan muka airtanah. Kondisi ini dapat memicu terjadinya rembesan air sungai atau air dari saluran ke akuifer. Apabila akuifer tersusun oleh tanah dengan permeabilitas besar, sementara itu beban pencemaran juga tinggi, pencemaran pada sungai/saluran dapat memberikan pengaruh pencemaran pada airtanah (Asdak, 2010).

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini sebagian besar berupa jenis data primer dan sebagian data sekunder. Proses pengumpulan data mencakup observasi langsung kondisi fisik Selokan Mataram, pengukuran tinggi muka airtanah, pengambilan sampel untuk air Selokan Mataram, airtanah, dan sampel air limbah, serta wawancara penduduk. Pengukuran arah aliran airtanah, menurut Seyhan (1977) berdasarkan metode yang sesuai digunakan di wilayah kajian adalah metode kartografi, yaitu melibatkan konstruksi kontur-kontur airtanah (atau permukaan piezometrik) dari pengamatan permukaan-permukaan air pada jaringan sumur-sumur alami. Pengambilan sampel ini diusahakan mendekati *grid* pada peta yang telah ditentukan sebelumnya dengan metode *systematic sampling*.

Data tinggi muka airtanah diolah dengan ArcGIS 10.0 untuk mendapatkan gambaran aliran airtanah atau *flownet*. Sementara itu, sampel air, baik dari Selokan Mataram, air limbah maupun airtanah diuji di laboratorium. Kandungan air Selokan Mataram dan airtanah yang diuji yaitu parameter *dissolved oxygen* (DO), *biological oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), nitrit (NO₂), nitrat (NO₃), pH dan suhu.

Data kualitas air dianalisis dengan uji Mann Whitney dan juga ditampilkan dengan grafis. Analisis grafis dilakukan untuk mempermudah dalam pembacaan data dan memperjelas variasi nilai dari hasil pengukuran maupun hasil uji laboratorium. Analisis grafis berupa diagram batang pada penelitian ini digunakan untuk menggambarkan hubungan hasil uji laboratorium dengan lokasi pengambilan sampel. Analisis grafis berupa skema digunakan untuk menggambarkan mekanisme kerja airtanah dan Selokan Mataram dari data hasil pengukuran. Hasil analisis dari sampel yang diperoleh di laboratorium berdasarkan lokasi atau titik pengambilannya akan terlihat pada peta, diagram dan skema.

Melalui cara ini akan terlihat distribusi kualitas air berkaitan dengan Selokan Mataram sebagai air permukaan mempengaruhi kualitas airtanah di sekitarnya.

Metode Mann Whitney termasuk dalam uji non parametrik. Uji Mann Whitney merupakan alternatif pengujian statistik lain dari uji t, yang digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan dari dua himpunan data (Harinaldi, 2005). Data berasal dari sampel yang independen, dimana populasi tidak diharuskan untuk terdistribusi normal. Pengujian Mann Whitney ini dilakukan pada data kualitas airtanah (BOD, COD, NO₂, dan NO₃). Data dibedakan atas posisinya terhadap Selokan Mataram, yaitu hulu dan hilir, sesuai kondisi umum muka airtanah.

Analisis deskriptif akan digunakan baik untuk data yang bersifat kuantitatif dan data kualitatif. Analisis deskriptif dilakukan dengan menjabarkan hasil penelitian secara logis, terukur, dan akurat dalam bentuk uraian. Informasi aktivitas penduduk yang terdapat di daerah sekitar Selokan Mataram menjadi pendukung analisis penelitian. Pembahasan akan difokuskan pada pengaruh Selokan Mataram terhadap kondisi kualitas airtanah dan dihubungkan dengan kondisi fisik kawasan (*flownet*) maupun kondisi sosial masyarakatnya. Kondisi fisik kawasan akan didukung dengan analisis spasial dengan menggunakan peta.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Selokan Mataram merupakan saluran air yang mulanya digunakan untuk menyuplai kebutuhan pertanian melalui *intake* (sadap) yang sengaja dibuat untuk mengalirkan air dari selokan menuju ke areal persawahan.

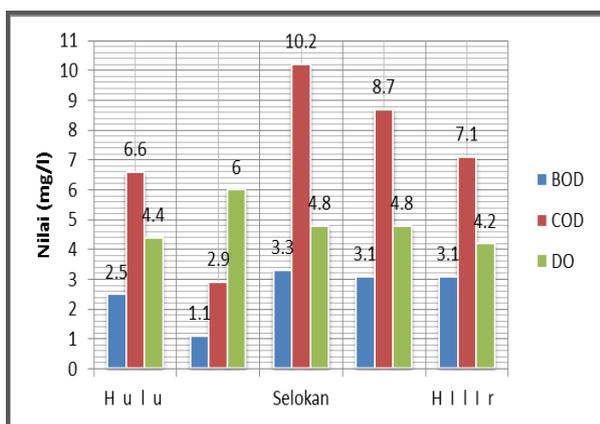
Selokan Mataram yang sekarang dapat dijumpai adalah hasil renovasi tahun 1980 oleh Dinas Pekerjaan Umum. Awalnya, Selokan Mataram merupakan saluran sederhana yang kemudian direnovasi menjadi saluran yang relatif lebih kuat dengan sistem pelantaian mengingat lokasi selokan yang berada di

perkotaan. Bangunan air di daerah ini dibuat tegak dan diperkuat dengan susunan batu kali yang disisipi semen, baik di sisi maupun lantai saluran. Meski demikian, setelah renovasi yang dilakukan sekitar tahun 1980 tersebut, hingga tahun 2013 tidak dijumpai lagi perubahan pada bangunan air Selokan Mataram. Staf ahli PU yang mengetahui tentang Selokan Mataram beserta staf lapangannya memastikan lantai saluran sudah tidak utuh lagi. Aktivitas organisme air dan umur bangunan yang telah memasuki lebih dari 30 tahun menjadi penyebab utamanya.

Selokan Mataram berperan banyak dalam fungsinya sebagai saluran irigasi dengan menyuplai kebutuhan air pertanian di daerah yang dilewatinya. Selain sebagai fungsi irigasi, Selokan Mataram juga difungsikan sebagai penyuplai airtanah bagi daerah di sekitar selokan. Meski saluran dibuat lebih kokoh, namun skema perembesan air selokan ke airtanah tetap dipertahankan. Saluran ini sengaja tidak dibuat kedap baik pada lantai maupun sisi selokan. Selain itu, suling sengaja dibuat pada lantai selokan sebagai jalur merembesnya air selokan ke tanah. Berdasarkan pengamatan pada penggal Selokan Mataram dari Kali Code hingga Kali Pelang, terdapat sedikitnya 34 lubang pembuangan air limbah domestik permanen berdiameter sekitar 3 hingga 25 cm yang secara langsung mengarah ke selokan.

Survei lapangan pada sumur warga menghasilkan data sebaran muka airtanah. Setelah melalui serangkaian proses pengolahan data spasial, kemudian dihasilkan kontur airtanah di sebagian Kecamatan Depok dan Mlati. Berdasarkan pola kontur yang digambarkan, secara umum diketahui aliran airtanah mengarah ke selatan dan beberapa lokasi mengalir menuju lembah sungai.

Uji statistik Mann Whitney dilakukan pada parameter DO, BOD, COD, NO₂ dan NO₃, namun hanya nilai DO antara hulu dan hilir yang menunjukkan perbedaan. Hipotesisnya adalah H₀ = Nilai DO airtanah di daerah hulu dan airtanah di daerah hilir adalah sama serta H₁ = Nilai DO airtanah di daerah hulu dan airtanah di daerah hilir adalah tidak sama. Syarat H₀ dapat diterima atau tidak adalah berdasarkan nilai probabilitasnya. Apabila probabilitas > 0.05 maka H₀ diterima, sementara apabila probabilitas < 0.05 maka H₀ ditolak dan H₁ yang diterima. Nilai signifikansi Mann-Whitney DO adalah 0.041 < 0.05 (nilai alpha/α), menandakan bahwa H₀ ditolak yang berarti bahwa terdapat perbedaan nilai DO airtanah antara daerah hulu dan hilir.

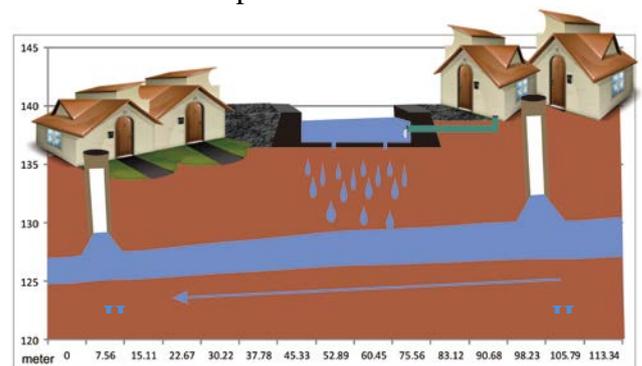


Gambar 1.2. Variasi nilai DO, BOD, serta COD Airtanah dan Selokan

Saat ini, pengaruh air selokan ke airtanah di sekitarnya yang dimungkinkan berasal dari rembesan air selokan belum begitu besar, meskipun penelitian sebelumnya mengatakan adanya rembesan air selokan ke airtanah. Melalui grafik yang menggambarkan variasi nilai DO, BOD dan COD secara melintang dari daerah hulu, memotong selokan, hingga daerah hilir (Gambar 1.2.) menunjukkan pengaruh air selokan tidak begitu besar. Kandungan oksigen terlarut airtanah dari daerah hulu ke hilir memang menurun, menunjukkan bahwa penggunaan oksigen terlarut daerah hilir untuk proses dekomposisi lebih tinggi. Namun, perbedaan yang kurang signifikan ini belum bisa

membuktikan pengaruh selokan ke airtanah cukup kuat.

Airtanah memiliki mekanisme kerja spesifik yang mempengaruhi pola alirannya, yaitu sesuai dengan sistem akuifer. Akuifer yang mengontrol airtanah di daerah Sleman, khususnya di sekitar Mlati dan Depok didominasi oleh akuifer dari Gunungapi Merapi. Sistem akuifer dengan material dominan berupa pasir ini memungkinkan terjadinya permeabilitas yang tinggi, sehingga aliran/rembesan air di sela-sela material cukup besar.



Gambar 1.3. Sistem Kerja Airtanah dan Air Selokan Mataram di Daerah Pogung. Sumber: Hasil Analisis, 2014

Secara umum, sistem kerja airtanah dan air Selokan Mataram dari Kali Code hingga Kali Pelang adalah seperti yang nampak di Gambar 1.3. Gambar tersebut memberikan contoh ilustrasi yang diambil dari sampel pengukuran tinggi muka airtanah pada sumur warga di daerah Pogung Dalangan, sehingga memiliki kecenderungan aliran airtanah dari timur ke barat. Airtanah mengalir dari daerah hulu atau sisi yang lebih atas dari selokan (menurut isoline memiliki muka airtanah lebih tinggi) lalu menuju ke hilir atau sisi yang lebih bawah, dengan muka airtanah lebih dalam. Aliran airtanah ini secara langsung maupun tidak langsung juga mendapat imbuhan air dari rembesan air Selokan Mataram, sehingga saat dialirkan ke daerah hilir, maka limbah yang terkandung dalam air selokan dimungkinkan ikut merembes ke airtanah. Selain itu, airtanah di hilir ini juga akan dipengaruhi oleh baik buruknya kondisi kualitas airtanah dari daerah

hulu. Mekanisme kerja antara Selokan Mataram dan airtanah di sekitarnya inilah yang menentukan bagaimana air selokan mempengaruhi airtanah di sekitarnya.

Rembesan air ke tanah, baik dari air hujan maupun dari semua sumber lain yang menjadikan air masuk ke tanah, termasuk air limbah akan menyatu dengan aliran airtanah karena berada dalam sistem akuifer yang sama. Kondisi ini yang menyebabkan airtanah akan menjadi rentan oleh pencemaran. Apalagi, intensitas penggunaan airtanah cukup tinggi, dilihat dari semakin seringnya dilakukan pemompaan. Intensitas penggunaan airtanah yang cukup tinggi biasa terjadi di daerah dengan permukiman padat, seperti yang terjadi di sisi Selokan Mataram dari Kali Code hingga Kali Pelang.

Limbah domestik yang dialirkan ke Selokan Mataram lama-kelamaan akan mengubah kualitas air selokan. Semakin padat penduduk, lubang untuk mengalirkan air limbah dari rumah penduduk semakin banyak. Kondisi ini akan memperparah kualitas air selokan, yang sudah banyak mendapat limpahan limbah dari hulunya. Selokan semula diperuntukkan bagi imbuhan airtanah. Melihat kondisi selokan saat ini, dengan banyak lubang perembesan di dasarnya, maka dikhawatirkan di kemudian hari pengaruh negatif dari air selokan terhadap airtanah di sekitarnya semakin besar. Meskipun untuk saat ini, pengaruh air selokan ke airtanah belum begitu terasa, sehingga belum banyak warga yang khawatir.

KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini adalah (1) Nilai BOD, COD, NO₂, dan NO₃ air Selokan Mataram dari Kali Code hingga Kali Pelang bervariasi. Nilainya tercatat lebih tinggi pada lokasi pengambilan Pogung Dalangan dan Santren. Nilai BOD, COD, NO₂ dan NO₃ airtanah di daerah hilir lebih tinggi daripada hulu; (2) Pengaruh kualitas air dari Selokan Mataram ke airtanah di sekitarnya belum

signifikan, sehingga airtanah masih aman dari kemungkinan kontaminasi air limbah.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Harinaldi. 2005. *Prinsip-Prinsip Statistik Untuk Teknik dan Sains*. Jakarta: Erlangga
- Harto Br, Sri. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama
- Isti Adiarti. 2011. *Kajian Karakteristik Muka Airtanah di Sekitar Selokan Mataram*. Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- Kraatz, D.B. 1977. *Irrigation Canal Lining*. Rome: Food And Agriculture Organization of The United Nations.
- Rhagunath, H.M. 1987. *Groundwater-Second Edition*. New Delhi: Wiley Eastern Limited
- Seyhan, Ersin. 1977. *Dasar-Dasar Hidrologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Todd, D.K., 1980. *Groundwater Hydrology*. New York : John Wiley and Sons.
- Yudistira, Andri. 2013. *Kajian Potensi dan Arahan Penggunaan Airtanah Bebas Untuk Kebutuhan Air Domestik di Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman*. Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.