



Analisis Ketersediaan Air Wilayah untuk Pemenuhan Kebutuhan Air Domestik (Studi Kasus: Kabupaten Malang)

Analysis of Regional Water Availability for Domestic Water Demand (Case Study: Malang Regency)

Dinia Putri* dan Perdinan

Departemen Geofisika dan Meteorologi, Gedung FMIPA, IPB, Jl. Meranti Wing 19 Lv.4 Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

ARTICLE INFO

Article history:

Received 25 May 2018

Received in revised from 29 October 2018

Accepted 28 November 2018

doi: 10.29244/j.agromet.32.2.93-102

Keywords:

El-Niño

Fresh water

Population density

Water balance

Water scarcity

ABSTRACT

The fulfillment of water demands needs to consider climate variability impacts on water availability. A seasonal change from wet to dry may have a negative impact on water availability leading to water scarcity for domestic purposes. Therefore, information on water condition until sub-district level is important. We did water balance approach to analyze water condition especially during dry season in Malang district, East Java for period 2007-2016. Our results showed that several sub-districts faced a serious problem with water deficit condition. During dry season, an increased domestic water demand was not supported by water availability, which caused some villages could not provide basic water for domestic purposes. Further, the research may contribute to support mitigation and adaptation strategy for climate extreme in the region.

PENDAHULUAN

Sumber daya air sangat dibutuhkan hampir seluruh kegiatan manusia, seperti industri, pertanian, rumah tangga, kebersihan, dan rekreasi. Ketersediaan air akan berpengaruh signifikan bagi pengembangan ekonomi masyarakat pedesaan maupun perkotaan (Bergkamp and Sadoff, 2012; Duran-Encalada et al., 2017; Hoekstra, 2014). Jumlah air yang tersedia di suatu wilayah, secara umum dipengaruhi oleh intervensi manusia, meliputi tutupan lahan (Baker and Miller, 2013; Wagner et al., 2013), dan bendungan sungai (Ahmad et al., 2014), dan/atau kondisi iklim (Haddeland et al., 2014; López-Moreno et al., 2014; Tanzeeba and Gan, 2012), terutama curah hujan. Curah hujan merupakan sumber masukan air dalam analisis ketersediaan air wilayah.

Penurunan jumlah curah hujan suatu wilayah akibat variabilitas iklim musiman dapat mengakibatkan penurunan jumlah ketersediaan air di aliran sungai yang dapat dimanfaatkan oleh penduduk (Haslinger et

al., 2014; Lorenzo-Lacruz et al., 2013). Sedangkan dalam waktu yang sama, kebutuhan air domestik tidak berubah secara musiman, bahkan cenderung terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk (Srinivasan et al., 2013). Ketidakseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air, dapat menimbulkan kekeringan bahkan kelangkaan air.

Ketersediaan air bersih dapat diidentifikasi menggunakan berbagai pendekatan, misal analisis jejak air (*water footprint*) (Hoekstra et al., 2012), *water scarcity index* (Zeng et al., 2013), dan pendekatan *quantity-quality-EFR (QQE)* (Liu et al., 2016). Secara umum, pendekatan tersebut menggunakan konsep neraca air sederhana dalam menghitung ketersediaan air. Neraca air (*water balance*) merupakan kondisi kesetimbangan air di suatu tempat pada periode tertentu dan dapat memberikan gambaran status air di wilayah tersebut. Penggunaan konsep neraca air sederhana menggunakan asumsi bahwa input pasokan air hanya berasal dari pemanenan air hujan (*water capture*) pada suatu wilayah (Widiyono and Hariyanto,

* Corresponding author. diniaputri8@gmail.com

2016). Sedangkan output atau penggunaan air yang tersedia hanya untuk kebutuhan domestik. Metode neraca air sederhana juga mampu memperkirakan status ketersediaan air pada jangka waktu yang pendek (Duran-Encalada et al., 2017).

Kabupaten Malang merupakan wilayah yang terletak di bagian hulu DAS Brantas. Industri pariwisata yang berkembang di wilayah ini berakibat pada peningkatan migrasi yang cukup tinggi di area sub-urban Kota Malang dengan rata-rata laju pertumbuhan imigran 7.69% pada tahun 2010-2012 (Rukmana and Rudiarto, 2016). Meskipun Kabupaten Malang merupakan kawasan dengan mata air yang melimpah, fenomena pertumbuhan penduduk tersebut mengakibatkan kebutuhan air dapat melebihi ketersediaan air yang ada. Kelangkaan air bersih yang cukup parah bahkan terjadi di wilayah Kecamatan Blimbing, Kota Malang hampir di setiap bulan selama periode 2010-2014 (Rianti and Setiawan, 2015).

Sampai saat ini, studi mengenai ketersediaan air di Kabupaten Malang belum dilakukan, padahal informasi tersebut perlu digunakan untuk mendukung perencanaan tata kelola air agar kelangkaan air saat musim kemarau dapat diminimalkan. Penelitian ini mencoba mengidentifikasi status ketersediaan air untuk memenuhi kebutuhan domestik di Kabupaten Malang menggunakan konsep neraca air sederhana. Fokus penelitian ditujukan pada periode tahun kejadian El-Niño, yaitu tahun 2015. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai bahan pertimbangan dalam manajemen air secara berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder, berupa data curah hujan harian observasi periode 2007-2016 pada tiga titik lokasi, yaitu Stasiun Klimatologi Lanud Abdul Rahman Saleh, Stasiun Klimatologi Karangploso, dan Stasiun Klimatologi Karangates (Gambar 1). Data tersebut diperoleh secara gratis dan dapat diakses di laman <http://dataonline.bmkg.go.id>. Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) kondisi topografi, geologi, jumlah penduduk, dan batas administrasi wilayah kecamatan tidak berubah selama periode penelitian. Sehingga ketersediaan air hanya dipengaruhi oleh kondisi curah hujan pada wilayah tersebut. Data jumlah penduduk dan luas administrasi wilayah diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) yang tercantum pada laman: <https://malangkab.bps.go.id/>.

(2) Koefisien limpasan bernilai tetap dan sama untuk semua tutupan lahan, yaitu bernilai 0.6 untuk dataran tinggi, dan 0.7 untuk dataran rendah. Koefisien limpasan sebesar 0,7 berarti bahwa air yang tertahan dipermukaan wilayah hanya sebesar 30%, dan yang melimpas 70%. (3) Kebutuhan air domestik tiap penduduk bernilai sama, sesuai standar nasional Indonesia (SNI) sebesar 0.15 m³/jiwa/hari. (4) Jumlah hari kering dalam satu tahun adalah tetap, yaitu 153 hari atau 6 bulan.

Penentuan Curah Hujan Wilayah

Faktor iklim yang sangat berpengaruh terhadap ketersediaan air adalah curah hujan (Muliranti and Hadi, 2013). Sebelum melakukan perhitungan curah hujan wilayah, data curah hujan yang diperoleh perlu dilengkapi karena terdapat beberapa data kosong. Pengisian data kosong dilakukan dengan metode aritmatika sederhana, karena data kosong teridentifikasi >10% dari keseluruhan jumlah data. Metode aritmatika sederhana (de Silva et al., 2007) disajikan pada Persamaan (1).

$$Pa_i = \frac{Pb_i + Pc_i + Pd_i + \dots + Pn_i}{n} \quad (1)$$

dimana Pa adalah data curah hujan stasiun yang akan diisi (mm), Pb , Pc , Pd sampai Pn merupakan data curah hujan stasiun lain (mm), i tanggal atau waktu data yang diinginkan, dan n jumlah stasiun lain yang digunakan acuan.

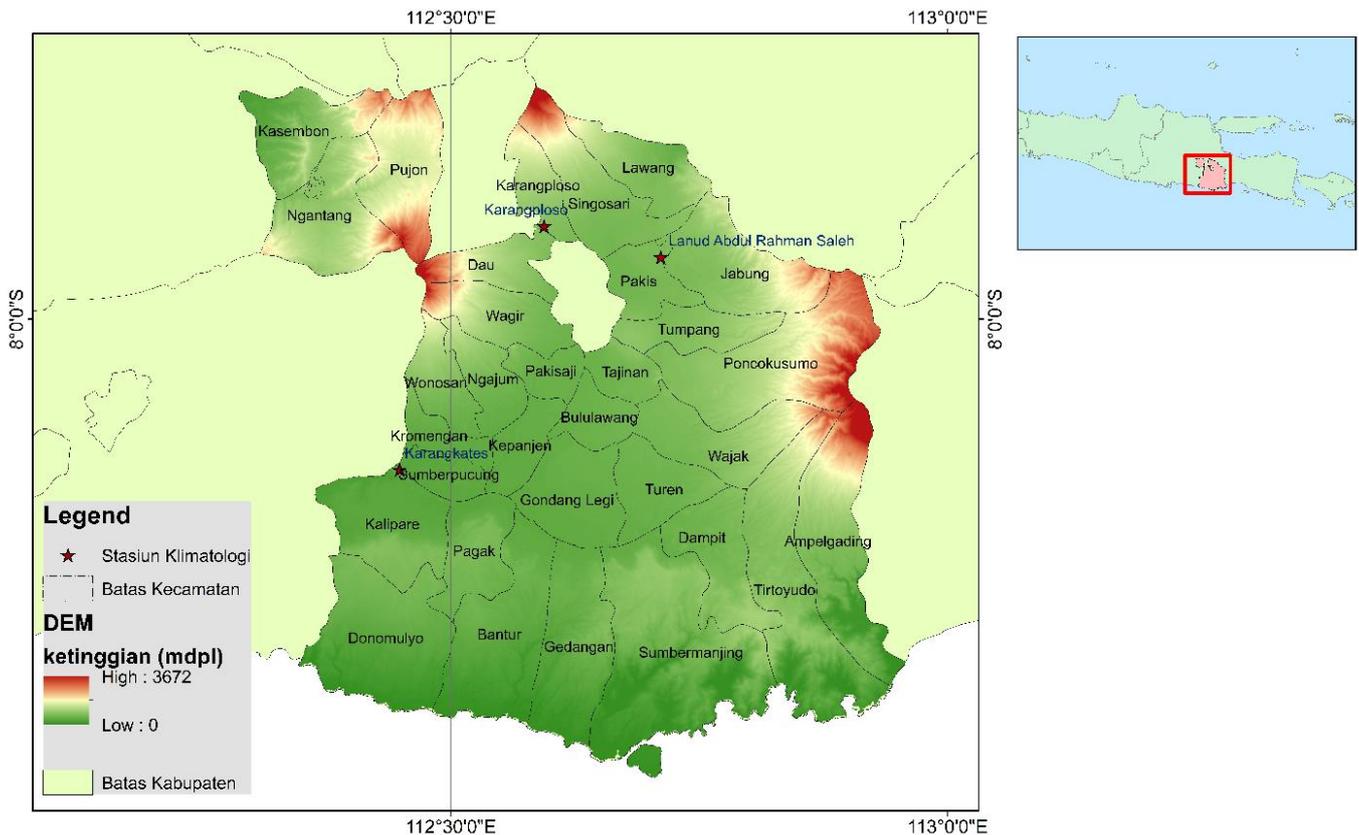
Curah hujan wilayah ditentukan berdasarkan metode *polygon thiessen* dengan formulasi yang merupakan pembobotan dari curah hujan dengan proporsi luasan tertentu (Ningsih, 2012). Perhitungan metode *polygon thiessen* disajikan pada Persamaan (2).

$$p = \frac{A1.p1 + A2.p2 + \dots + An.pn}{A} \quad (2)$$

dimana d adalah curah hujan rata-rata wilayah (mm), A luas total wilayah (km²), $p1$, $p2$, hingga pn adalah curah hujan (mm) di pos pengamatan dengan luas A_1 , A_2 , hingga An (km²).

Klasifikasi Kondisi Luas Wilayah dan Kepadatan Penduduk

Klasifikasi luas wilayah dilakukan untuk menganalisis kemampuan wilayah untuk menangkap air hujan, yang kemudian dibandingkan dengan kelas kepadatan penduduk tiap wilayah tersebut. Klasifikasi dilakukan pada tingkat administratif kecamatan, sehingga dari 33 data luas dan kepadatan penduduk, dikelompokkan menjadi beberapa kategori. Penentuan



Gambar 1 Peta topografi ketinggian Kabupaten Malang yang terdiri dari 33 wilayah kecamatan dan lokasi titik stasiun klimatologi untuk pengukuran curah hujan.

jumlah kategori menggunakan hukum *Sturges* yang disajikan pada Persamaan (3).

$$Kelas = 1 + 3.3 \log N \quad (3)$$

dimana N adalah jumlah kecamatan, yaitu 33.

Perhitungan Kondisi Neraca Air

Ketersediaan air wilayah didapatkan melalui teknik pemanenan air hujan atau *rain water harvesting*, yaitu cara pengumpulan atau penampungan air hujan atau aliran permukaan pada saat curah hujan tinggi untuk digunakan pada musim kemarau. Jumlah air hasil pemanenan air hujan yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan domestik penduduk disajikan pada Persamaan (4).

$$Q(KA) = A \times p \times r \quad (4)$$

dimana $Q(KA)$ ketersediaan air yang dapat digunakan, A luas wilayah (m^2), dan r koefisien limpasan.

Kebutuhan air domestik adalah jumlah air yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan domestik dalam suatu wilayah. Kebutuhan air domestik meliputi kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan kegiatan rumah tangga (Liu et al., 2012). Perhitungan jumlah kebutuhan air domestik disajikan pada Persamaan (5).

$$Q(DMI) = P_o \times q_o \times d_{bk} \quad (5)$$

dimana $Q(DMI)$ adalah kebutuhan air domestik (m^3), P_o merupakan jumlah penduduk (jiwa), q_o kebutuhan dasar air untuk kegiatan domestik ($0,15 m^3/jiwa/hari$), dan d_{bk} jumlah hari yang termasuk pada bulan kering dalam satu tahun, yaitu sebesar 5-6 bulan atau 153 hari untuk Kabupaten Malang.

Neraca air merupakan suatu kondisi yang menggambarkan pemenuhan air di suatu wilayah, apabila nilai neraca positif maka wilayah tersebut masih memiliki surplus sebagai cadangan air untuk masa depan, nilai negatif menandakan defisit sehingga wilayah kekurangan air untuk melakukan suatu kegiatan. Perhitungan neraca air disajikan pada Persamaan (6).

$$NA = Q(KA) - Q(DMI) \quad (6)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

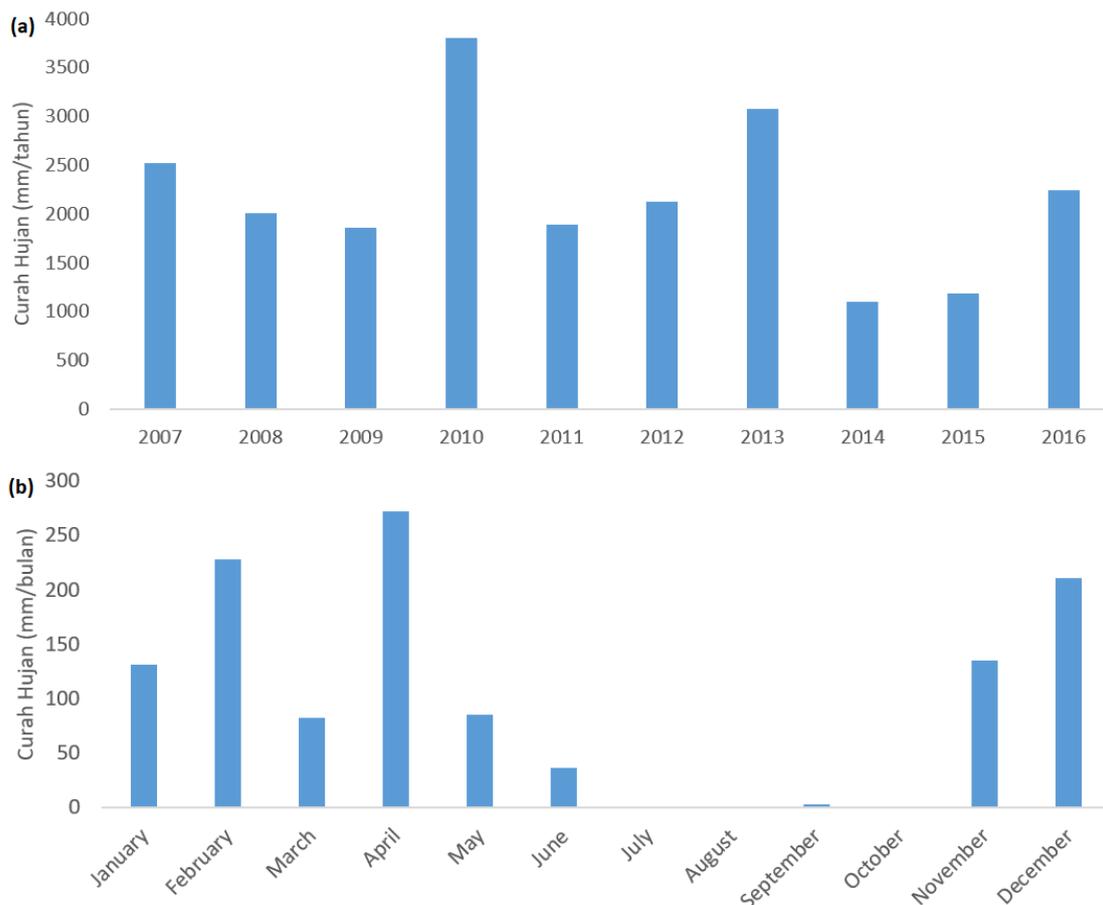
Ketersediaan Air Wilayah

Menurut data BPS tahun 2015 jumlah penduduk di Kabupaten Malang berjumlah 2.5 juta jiwa yang tersebar pada 33 kecamatan dengan 12 kelurahan dan 378 desa. Menurut Susenas (2010), wilayah Kabupaten Malang memiliki luas 2997.05 km^2 , hal ini membuat Kabupaten Malang terletak pada urutan kedua Kabupaten terluas di Jawa Timur setelah Kabupaten Banyuwangi dari 38 kabupaten/kota di wilayah propinsi

Jawa Timur. Kondisi topografi Kabupaten Malang merupakan daerah dataran tinggi yang dikelilingi oleh beberapa gunung dan dataran rendah atau daerah lembah pada ketinggian 250-500 meter di atas permukaan laut (mdpl) yang terletak di bagian tengah wilayah Kabupaten Malang. Daerah dataran rendah yang merupakan perbukitan kapur (Pegunungan Kendeng) di bagian selatan pada ketinggian 0-650 mdpl, daerah lereng dataran tinggi Tengger-Semeru di bagian timur membujur dari utara ke selatan pada ketinggian 500-3600 mdpl dan lereng dataran tinggi Kawi-Arjuno di bagian barat pada ketinggian 500-3300 mdpl. Kabupaten Malang yang merupakan salah satu wilayah konservasi yang merupakan bagian hulu dari DAS Brantas dan masuk ke dalam wilayah Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS). Wilayah konservasi ini dapat menjaga kestabilan air dan menjaga sumber air melalui pelestarian hutan, sehingga memiliki potensi sumber mata air yang berkualitas.

Berdasarkan curah hujan tahunan di Kabupaten Malang selama 10 tahun (Gambar 2a), puncak curah

hujan tahunan terjadi pada tahun 2010 dan curah hujan tahunan terendah terjadi pada tahun 2014-2015. Saat curah hujan tahunan mencapai kondisi terendah pada tahun 2015, bulan kering dimulai bulan Juli hingga Oktober. Curah hujan bulanan pada bulan-bulan kering (Gambar 2b) lebih rendah dibandingkan bulan-bulan lain, sehingga akan mengurangi jumlah air yang ditampung oleh tanah, akibatnya kemungkinan besar terjadi penurunan tingkat ketersediaan air yang dapat digunakan oleh masyarakat untuk kegiatan sehari-hari. Hasil ini sesuai dengan penelitian Iman et al. (2017) yang menjelaskan bahwa penurunan curah hujan di wilayah Malang khususnya pada bulan-bulan kering menurunkan tingkat ketersediaan air dan kecenderungan ini diprediksikan hingga tahun 2030 akibat kondisi iklim yang tidak menentu. Selain itu, menurut Duran-Encalada et al. (2017) pada bulan-bulan kering potensi kejadian kekeringan dan kekurangan air bersih lebih tinggi dibanding saat musim hujan.



Gambar 2 Kondisi curah hujan Kabupaten Malang: (a) variasi tahunan periode 2007-2016, dan (b) variasi bulanan pada tahun 2015.

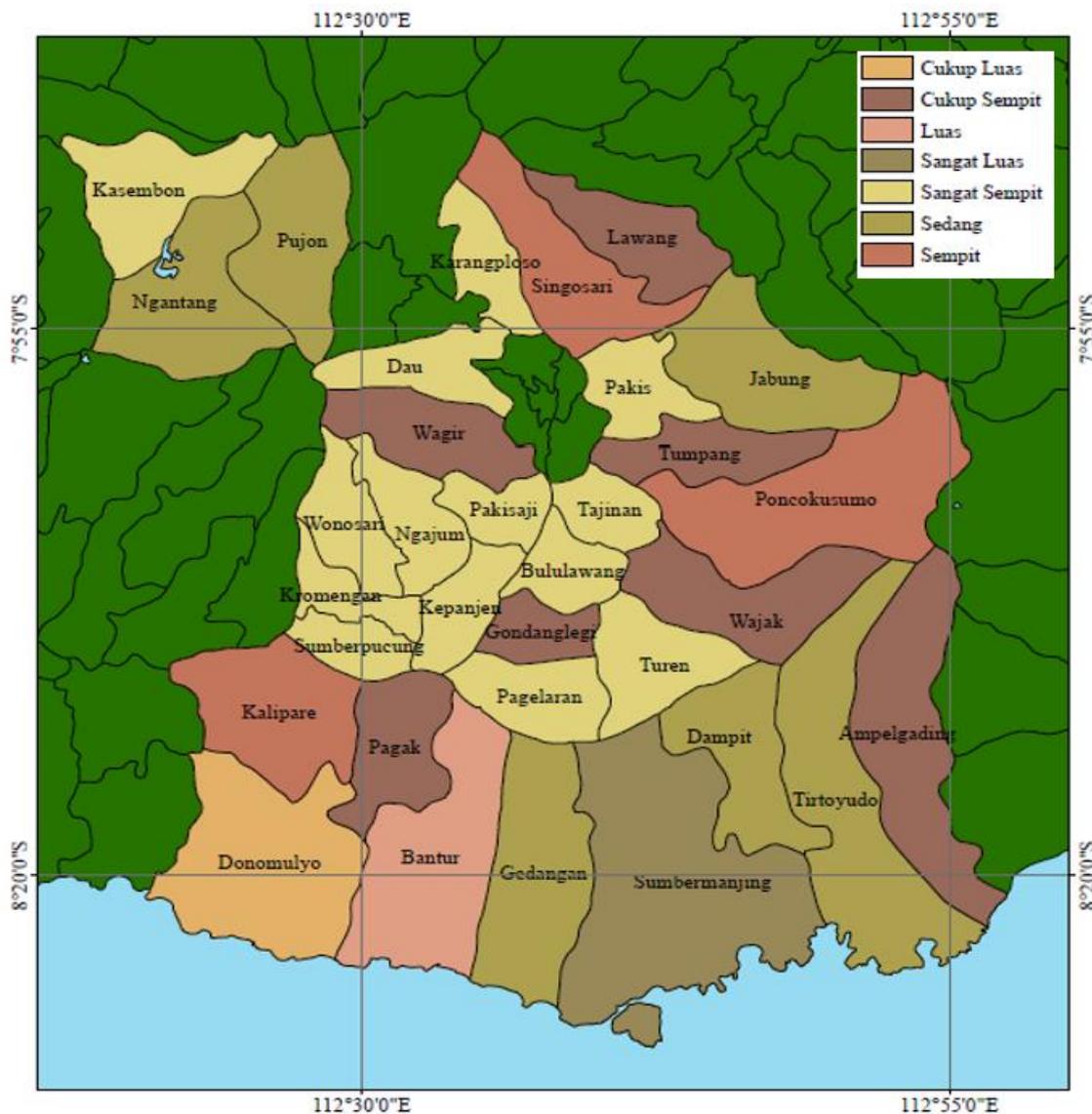
Curah hujan wilayah untuk Kabupaten Malang diperoleh dengan menggunakan metode *polygon thiessen*. Data curah hujan berasal dari tiga stasiun

klimatologi membagi luasan Kabupaten Malang ke dalam tiga proporsi, yaitu wilayah bagian timur diwakili oleh Stasiun Klimatologi Abd Rahman Saleh yang

berada di Kecamatan Pakis, wilayah barat diwakili oleh Stasiun Klimatologi Karangploso yang berada di Kecamatan Karangploso, dan di bagian selatan diwakili oleh Stasiun Klimatologi Karangates yang berada di antara perbatasan Kecamatan Sumberpucung dan Kromengan. Wilayah bagian timur merupakan wilayah yang memiliki curah hujan paling tinggi diantara yang lain sedangkan wilayah bagian selatan memiliki curah hujan paling rendah di antara ketiganya.

Luas wilayah pemanenan air sangat mempengaruhi proporsi penyimpanan air di suatu wilayah. Semakin luas wilayah penyimpanan air, maka semakin

tinggi ketersediaan air di suatu wilayah begitu sebaliknya (Shaban dan Sharma 2007). Presipitasi yang jatuh pada luasan wilayah tertentu akan tersimpan dan dapat digunakan sesuai dengan koefisien penyerapan air. Berdasarkan perhitungan yang menggunakan hukum *Sturgess*, luas wilayah (km²) Kabupaten Malang tahun 2015 dibagi ke dalam tujuh kelas (Gambar 4). Luas wilayah bagian utara dan selatan didominasi oleh luasan wilayah yang masuk dalam kelas sedang hingga sangat luas. Sedangkan wilayah bagian tengah termasuk dalam kelas sangat sempit hingga sempit.



Gambar 4 Klasifikasi luas wilayah kecamatan di Kabupaten Malang tahun 2015. Warna hijau menunjukkan wilayah kabupaten/kota lain.

Kebutuhan Air Domestik

Peningkatan jumlah penduduk akan meningkatkan kebutuhan air domestik di suatu wilayah. Menurut BPS tahun 2015, jumlah penduduk Kabupaten Malang mengalami peningkatan dibandingkan dengan jumlah penduduk tahun sebelumnya. Kebutuhan air akan

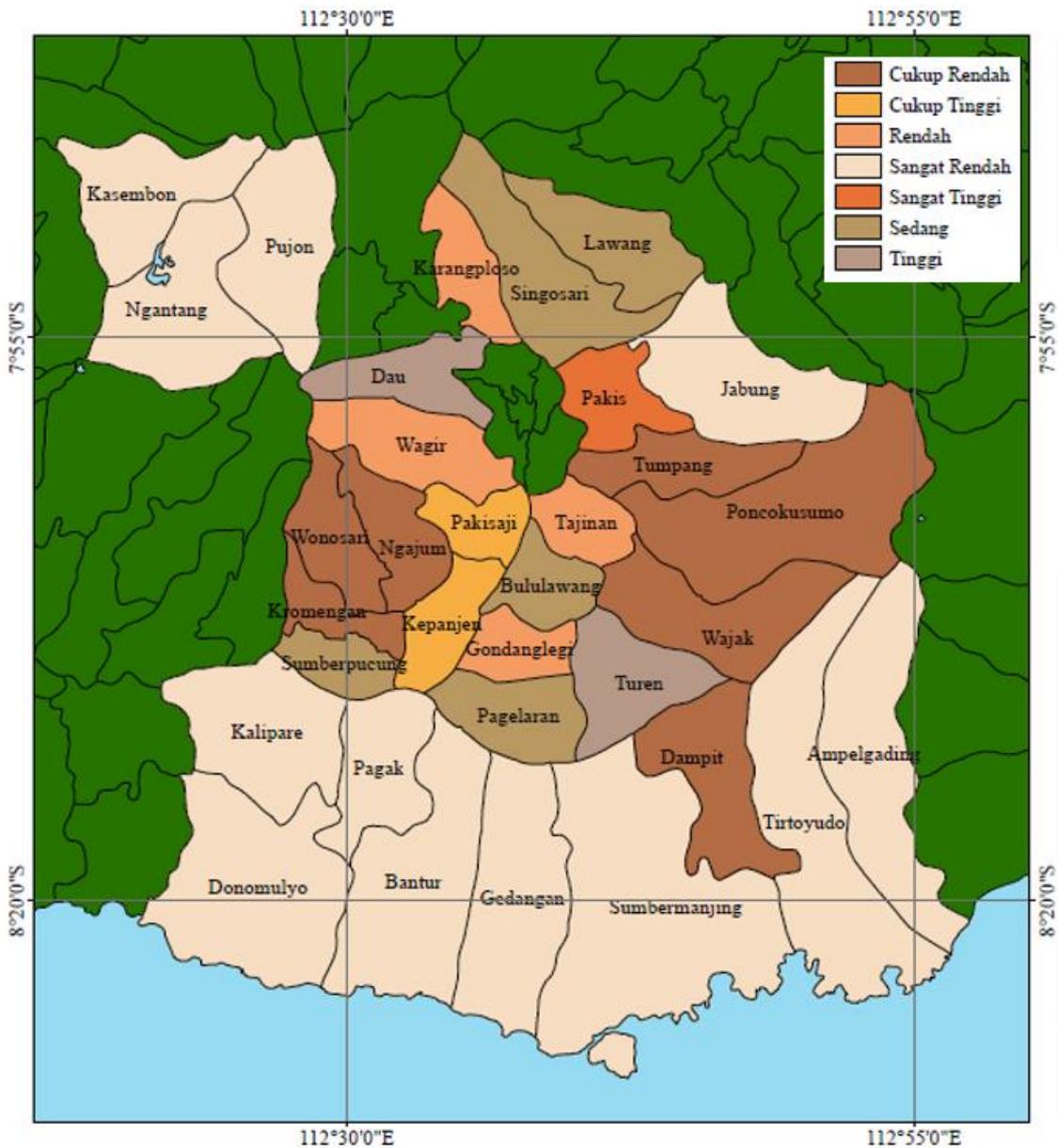
ditentukan berdasarkan jumlah penduduk di suatu wilayah dan kegiatan yang dominan dilakukan (Iman et al., 2017).

Secara umum, pertumbuhan jumlah penduduk akan meningkatkan kepadatan penduduk di suatu wilayah, hal tersebut akan meningkatkan aktivitas

masyarakat dalam segala sektor (Wiyanti et al., 2017). Berdasarkan perhitungan yang menggunakan hukum *Sturgess*, kepadatan penduduk (jiwa/km²) Kabupaten Malang tahun 2015 dibagi ke dalam tujuh kelas (Gambar 5).

Wilayah yang memiliki kepadatan penduduk sangat rendah hingga rendah adalah wilayah bagian utara dan selatan sedangkan wilayah bagian tengah

memiliki kepadatan penduduk sedang hingga sangat tinggi. Sedangkan wilayah bagian tengah merupakan wilayah yang kepadatan penduduknya tinggi karena dekat dengan pusat pemerintahan Kota Malang yang menjadi salah satu sumber perekonomian, sehingga masyarakat cenderung tinggal didekatnya. Akibatnya tingkat aktivitas masyarakat dalam segala bidang akan meningkat terutama dalam kegiatan rumah tangga.



Gambar 5 Klasifikasi kepadatan penduduk di Kabupaten Malang tahun 2015. Warna hijau menunjukkan wilayah kabupaten/kota lain.

Kondisi Neraca Air

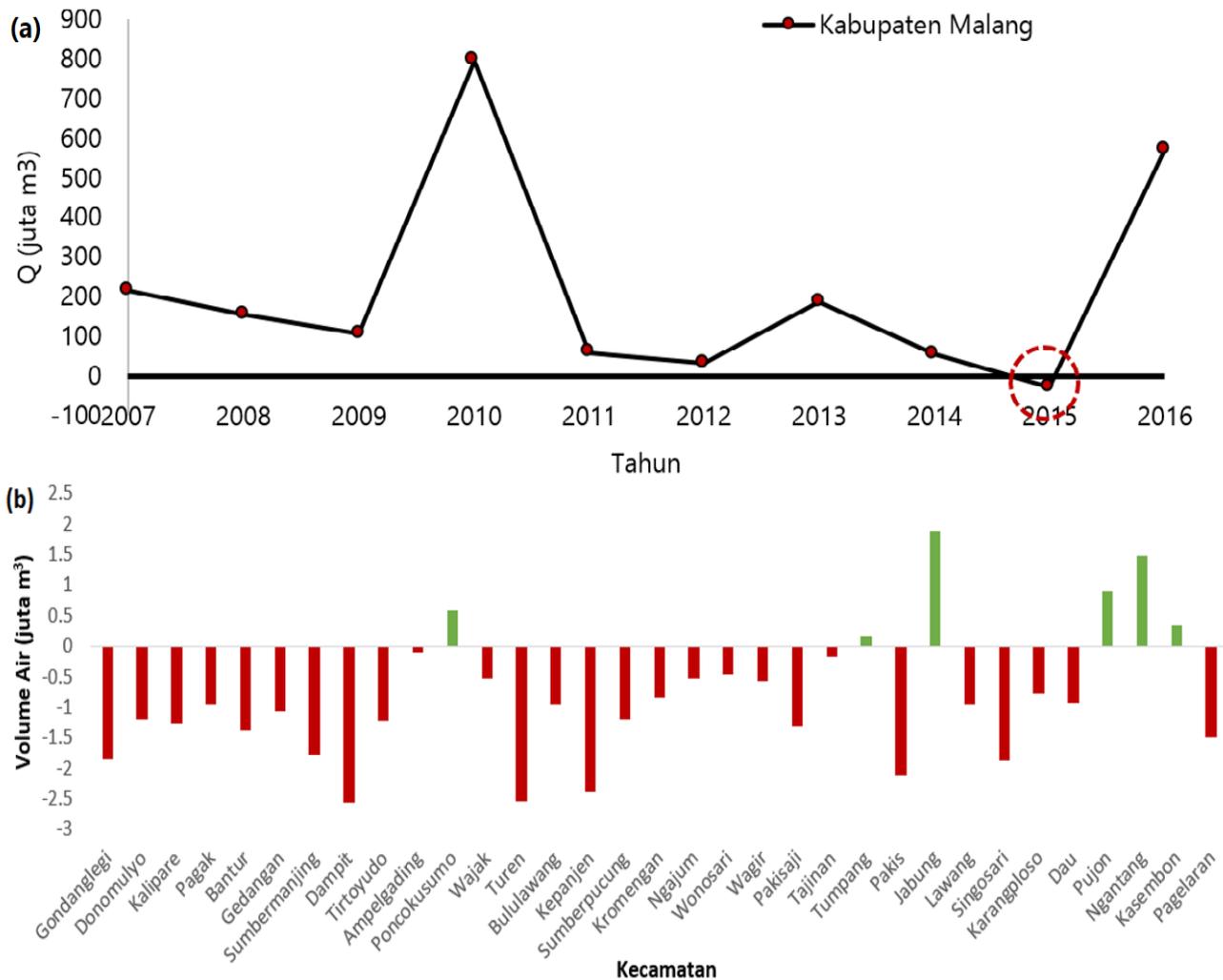
Model neraca air akan memperlihatkan selisih ketersediaan air wilayah dengan kebutuhan air domestik pada kurun waktu tertentu (Muliranti and Hadi, 2013). Neraca air menunjukkan angka positif yang berarti surplus hampir di sepanjang tahun kecuali tahun 2015 yang menunjukkan angka negatif sehingga pada tahun tersebut terjadi defisit air wilayah (Gambar 6a).

Penentuan daya dukung lingkungan yang berbasis neraca air dapat dinyatakan dengan dua status yaitu surplus dan defisit. Status surplus dapat dinyatakan apabila neraca air menunjukkan nilai positif sedangkan status defisit dinyatakan untuk neraca air yang bernilai negatif.

Status defisit tidak terjadi di seluruh wilayah Kabupaten Malang. Berdasarkan Gambar 6b, sebanyak

6 dari 33 kecamatan memiliki status surplus. Wilayah yang memiliki status defisit didominasi oleh wilayah yang memiliki jumlah kepadatan penduduk kelas

sedang hingga sangat tinggi namun luas daerah tangkapan airnya berada pada kelas sangat rendah hingga rendah atau wilayah Kabupaten Malang.

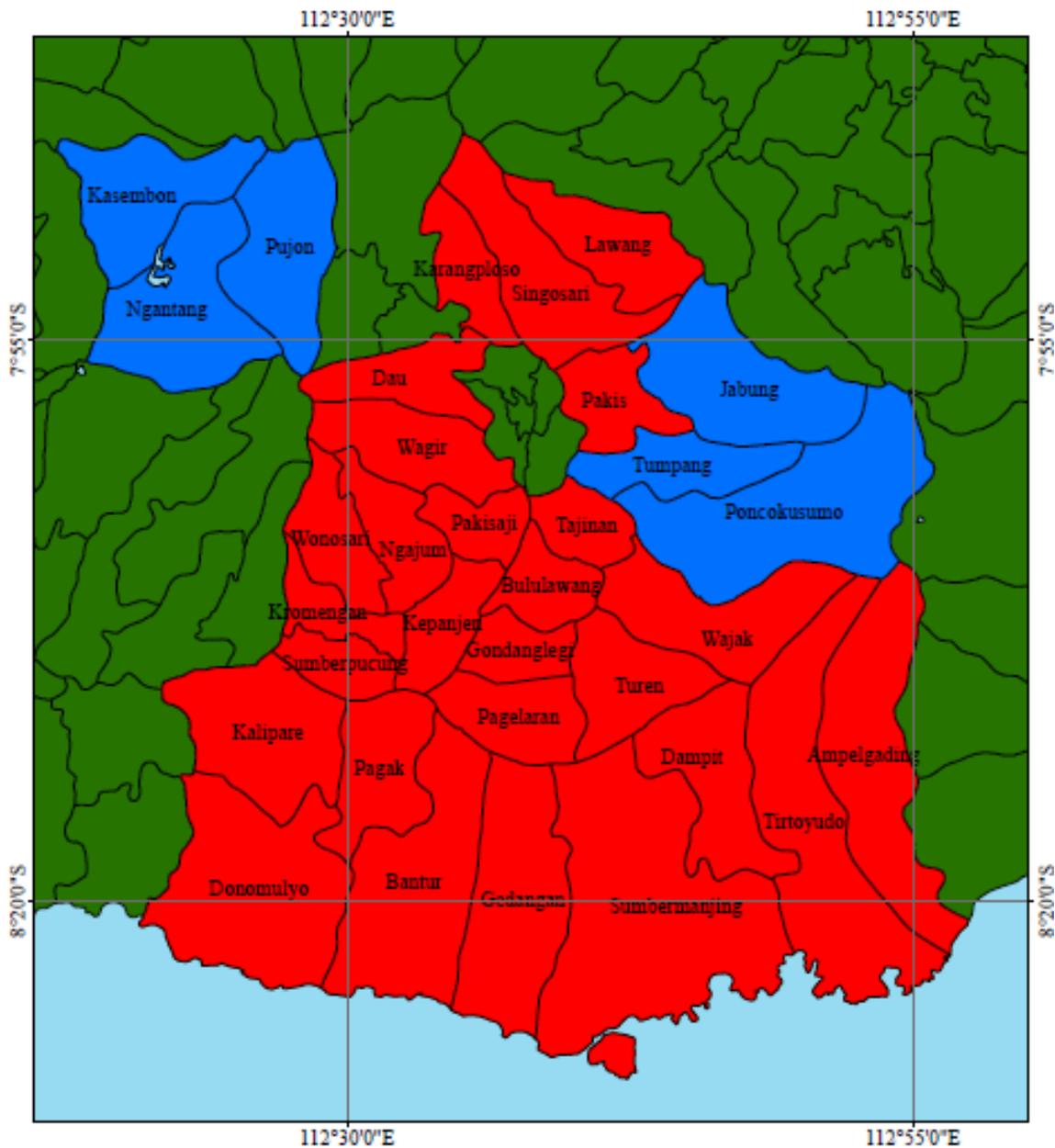


Gambar 6 Kondisi ketersediaan air di Kabupaten Malang: (a) grafik *time series* kondisi neraca air tahunan rata-rata periode 2007-2016, dan kondisi neraca air tahunan di 33 kecamatan pada tahun 2015.

Secara spasial (Gambar 7), wilayah defisit didominasi oleh wilayah-wilayah yang memiliki curah hujan rendah sehingga ketersediaan tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan air domestik. Wilayah yang memiliki jumlah penduduk tinggi dan luas wilayah terbatas akan membutuhkan banyak suplai air untuk menjalankan kehidupan rumah tangganya, sehingga pasokan air yang kurang akan menyebabkan defisit air domestik (Iman et al., 2017). Selain itu seluruh wilayah Kabupaten Malang bagian selatan juga didominasi oleh pegunungan kapur yang bersifat sulit untuk menyimpan air sehingga air yang tersimpan dalam DAS tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan masyarakat.

Sedangkan wilayah surplus didominasi oleh wilayah yang memiliki kepadatan penduduk sangat rendah hingga rendah dengan luas wilayah kelas

sedang hingga sangat tinggi, wilayahnya meliputi Kasembon, Ngantang, Pujon, Jabung, Tumpang, dan Poncokusumo. Secara umum semakin tinggi jumlah penduduk suatu wilayah, maka semakin tinggi tingkat kebutuhan air domestik. Hal ini dikarenakan kegiatan penduduk dalam bidang domestik semakin tinggi dan membutuhkan banyak air. Wilayah Kasembon, Ngantang, dan Pujon merupakan bagian wilayah pegunungan yang mampu menyimpan air dengan baik selain itu curah hujan yang turun juga cukup tinggi. Sedangkan wilayah Jabung, Tumpang, dan Poncokusumo merupakan wilayah yang dekat dengan kawasan TNBTS (Taman Nasional Bromo Tengger Semeru), sehingga wilayah konservasi ini dapat menjaga kestabilan air dan menjaga sumber air melalui pelestarian hutan dan memiliki potensi sumber mata air yang berkualitas.



Gambar 7 Sebaran spasial kondisi neraca air wilayah Kabupaten Malang tahun 2015. Warna merah menunjukkan kondisi deficit ketersediaan air, sedangkan warna biru menunjukkan surplus ketersediaan air. Warna hijau menunjukkan wilayah kabupaten/kota lain.

KESIMPULAN

Defisit air pada tahun 2015 terjadi di 27 kecamatan yang ada di Kabupaten Malang. Kondisi ini disebabkan oleh penurunan tingkat presipitasi yang mengakibatkan rendahnya ketersediaan air, padahal kebutuhan air domestik meningkat akibat kenaikan jumlah penduduk. Status deficit di wilayah Kabupaten Malang terjadi di wilayah yang memiliki jumlah kepadatan penduduk kelas sedang hingga sangat tinggi namun luas daerah tangkapan airnya berada pada kelas sangat rendah hingga rendah atau wilayah Kabupaten Malang bagian tengah yaitu Lawang, Karangploso, Singosari, Pakis, Dau, Wagir, Pakisaji,

Tajinan, Wonosari, Ngajum, Kromengan, Kapanjen, Bululawang, Sumberpucung, Gondanglegi, Pagelaran, Turen, Wajak, Dampit, Kalipare, Pagakan, Donomulyo, Bantur, Gedangan, Sumbermanjing, Tirtoyudo, dan Ampelgading. Sedangkan wilayah surplus didominasi oleh wilayah yang memiliki kepadatan penduduk sangat rendah hingga rendah dengan luas wilayah kelas sedang hingga sangat tinggi wilayahnya meliputi Kasembon, Ngantang, Pujon, Jabung, Tumpang, dan Poncokusumo. Wilayah yang memiliki risiko tertinggi kekurangan air adalah wilayah Kabupaten Malang bagian selatan. Wilayah ini termasuk wilayah dataran rendah yang didominasi oleh pegunungan kapur

sehingga pemerintah daerah harus lebih memperhatikan wilayah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., El-Shafie, A., Razali, S.F.M., Mohamad, Z.S., 2014. Reservoir Optimization in Water Resources: a Review. *Water Resources Management* 28, 3391–3405. <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0700-5>
- Baker, T.J., Miller, S.N., 2013. Using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) to assess land use impact on water resources in an East African watershed. *Journal of Hydrology* 486, 100–111. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.01.041>
- Bergkamp, G., Sadoff, C.W., 2012. Water in a Sustainable Economy, in: *State of the World 2008: Ideas and Opportunities for Sustainable Economies*. Routledge, London, p. 288.
- de Silva, R., Dayawansa, N., Ratnasiri, M., 2007. A comparison of methods used in estimating missing rainfall data. *The Journal of Agricultural Sciences* 3, 101–108.
- Duran-Encalada, J.A., Paucar-Caceres, A., Bandala, E.R., Wright, G.H., 2017. The impact of global climate change on water quantity and quality: A system dynamics approach to the US–Mexican transborder region. *European Journal of Operational Research* 256, 567–581. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.06.016>
- Haddeland, I., Heinke, J., Biemans, H., Eisner, S., Flörke, M., Hanasaki, N., Konzmann, M., Ludwig, F., Masaki, Y., Schewe, J., Stacke, T., Tessler, Z.D., Wada, Y., Wisser, D., 2014. Global water resources affected by human interventions and climate change. *Proc Natl Acad Sci USA* 111, 3251. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222475110>
- Haslinger, K., Koffler, D., Schöner, W., Laaha, G., 2014. Exploring the link between meteorological drought and streamflow: Effects of climate-catchment interaction. *Water Resources Research* 50, 2468–2487. <https://doi.org/10.1002/2013WR015051>
- Hoekstra, A.Y., 2014. Water scarcity challenges to business. *Nature Climate Change* 4, 318.
- Hoekstra, A.Y., Mekonnen, M.M., Chapagain, A.K., Mathews, R.E., Richter, B.D., 2012. Global Monthly Water Scarcity: Blue Water Footprints versus Blue Water Availability. *PLOS ONE* 7, e32688. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032688>
- Iman, M., Riawan, E., Setiawan, B., Abdurahman, O., 2017. Air tanah untuk adaptasi perubahan iklim di Malang, Jawa Timur: penilaian risiko penurunan ketersediaan air. *RISSET: Geologi dan Pertambangan* 27, 47–64. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2017.V2.7.438>
- Liu, J., Liu, Q., Yang, H., 2016. Assessing water scarcity by simultaneously considering environmental flow requirements, water quantity, and water quality. *Ecological Indicators* 60, 434–441. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.07.019>
- Liu, K.K., Li, C.H., Yang, X.L., Hu, J., Xia, X.H., 2012. Water Resources Supply-Consumption (Demand) Balance Analyses in the Yellow River Basin in 2009. *Procedia Environmental Sciences* 13, 1956–1965. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.189>
- López-Moreno, J.I., Zabalza, J., Vicente-Serrano, S.M., Revuelto, J., Gilaberte, M., Azorin-Molina, C., Morán-Tejeda, E., García-Ruiz, J.M., Tague, C., 2014. Impact of climate and land use change on water availability and reservoir management: Scenarios in the Upper Aragón River, Spanish Pyrenees. *Science of The Total Environment* 493, 1222–1231. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.09.031>
- Lorenzo-Lacruz, J., Vicente-Serrano, S., López-Moreno, J., Cortesi, N., 2013. Hydrological drought response to meteorological drought in the Iberian Peninsula. *Clim Res* 58, 117–131.
- Muliranti, S., Hadi, M., 2013. Kajian ketersediaan air meteorologis untuk pemenuhan kebutuhan air domestik di propinsi Jawa Tengah dan DIY. *Jurnal Bumi Indonesia* 2, 23–32.
- Ningsih, D., 2012. Metode Thiessen polygon untuk ramalan sebaran curah hujan periode tertentu pada wilayah yang tidak memiliki data curah hujan. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK* 17, 154–163.
- Rianti, D., Setiawan, R., 2015. Water Footprint Sustainability Assessment in Blimbing Sub-District, Malang City. Presented at the The 5th Indonesian Region Science Association (IRSA) International Institute, Bali.
- Rukmana, S., Rudiarto, I., 2016. Land use change in suburban area: a case of Malang City, East Java Province. *Geoplanning: Journal of Geomatics and Planning* 3, 23–32. <https://doi.org/doi:10.14710/geoplanning.3.1.23-32>
- Srinivasan, V., Seto, K.C., Emerson, R., Gorelick, S.M., 2013. The impact of urbanization on water vulnerability: A coupled human–environment system approach for Chennai, India. *Global Environmental Change* 23, 229–239.

- <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.10.002>
- Susenas, 2010. Survei Sosial Ekonomi Nasional 2010.
- Tanzeeba, S., Gan, T.Y., 2012. Potential impact of climate change on the water availability of South Saskatchewan River Basin. *Climatic Change* 112, 355–386. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0221-7>
- Wagner, P.D., Kumar, S., Schneider, K., 2013. An assessment of land use change impacts on the water resources of the Mula and Mutha Rivers catchment upstream of Pune, India. *Hydrology and Earth System Sciences* 17, 2233–2246. <https://doi.org/10.5194/hess-17-2233-2013>
- Widiyono, M., Hariyanto, B., 2016. Analisis neraca air metode thornthwaite mather kaitannya dalam pemenuhan kebutuhan air domestik di daerah potensi rawan kekeringan di Kecamatan Trowulan Kabupaten Mojokerto. *Swara Bhumi* 1, 10–17.
- Wiyanti, Kusmiyarti, T.B., Trigunasih, N.M., Juwita, N., 2017. Analysis of Water Availability for Domestic Needs in Denpasar City. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 98, 012036. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/98/1/012036>
- Zeng, Z., Liu, J., Savenije, H.H.G., 2013. A simple approach to assess water scarcity integrating water quantity and quality. *Ecological Indicators* 34, 441–449. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.06.012>