

IMBUHAN AIRTANAH BUATAN UNTUK KONSERVASI CEKUNGAN AIRTANAH BANDUNG-SOREANG

ARTIFICIAL RECHARGE FOR BANDUNG-SOREANG GROUNDWATER BASIN CONSERVATION

Ananta Purwoarminta, Rachmat Fajar Lubis, dan Rizka Maria

Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI

ABSTRAK Airtanah saat ini telah menjadi isu di dunia dan Indonesia akibat terjadinya degradasi airtanah. Tingginya pertumbuhan penduduk dan industri di wilayah kota telah meningkatkan eksploitasi airtanah, sementara laju pengisian airtanah (infiltrasi) terus menurun. Penurunan laju infiltrasi diakibatkan oleh adanya perubahan tutupan lahan. Berdasarkan permasalahan ini maka konservasi airtanah harus dilakukan untuk menjaga ketahanan air. Cekungan Bandung-Soreang sebagai wilayah perkotaan telah mengalami penurunan muka airtanah sebagai akibat adanya pengambilan airtanah yang berlebih. Tulisan ini adalah telaah dari berbagai metode teknis yang telah diterapkan untuk mengatasi masalah tersebut di atas khususnya metode imbuhan buatan untuk konservasi airtanah di Cekungan Bandung. Berbagai teknik telah diterapkan baik oleh masyarakat, industri maupun pemerintah dengan sumber utama adalah air hujan. Namun penurunan muka airtanah masih terus terjadi meskipun upaya-upaya tersebut telah dilakukan. Hasil penelitian terakhir menunjukkan bahwa metode imbuhan buatan hanya mampu mengurangi penurunan muka airtanah. Jika hasil yang diharapkan adalah kembalinya muka airtanah ke kondisi awal maka diperlukan pengembangan metode dan atau penambahan jumlah imbuhan buatan yang sangat banyak.

Kata kunci: imbuhan buatan, airtanah, konservasi airtanah, ketahanan air, Cekungan Bandung-Soreang.

ABSTRACT Groundwater becomes an global issue due to groundwater degradation. The high population and industry growth in the cities had increased the exploitation of groundwater. On the other hand, the rate of infiltration is lower due to city development. Therefore, groundwater conservation is required to maintain water resilience. The Bandung-Soreang Basin, as an urban area, has experienced a decline in groundwater as a result of excessive groundwater extraction. This paper presented a review of various technical methods that have been applied to overcome the problem. Artificial recharge method for groundwater conservation in the Bandung-Soreang Basin has been used by the community, industry, and government, with rainwater as the main source. The most recent condition indicated that the groundwater level has been still decreasing despite these efforts. The results of the latest research suggested that artificial recharge has only reduced the groundwater depletion. To restore the groundwater to its initial condition, we need to develop a new method or simply add a lot more artificial recharges.

Keywords: artificial recharge, groundwater, groundwater conservation, water resilience, Bandung-Soreang basin.

PENDAHULUAN

Kelangkaan airtanah dapat terjadi di wilayah dengan iklim tropis apabila kita tidak mampu mengelola sumberdaya air dengan baik. Berkurangnya zona peresapan air hujan menjadi salah satu penyebab menurunnya sumberdaya airtanah. Sementara airtanah masih menjadi

Naskah masuk : 21 November 2018
Naskah direvisi : 22 Januari 2019
Naskah diterima : 16 Mei 2019

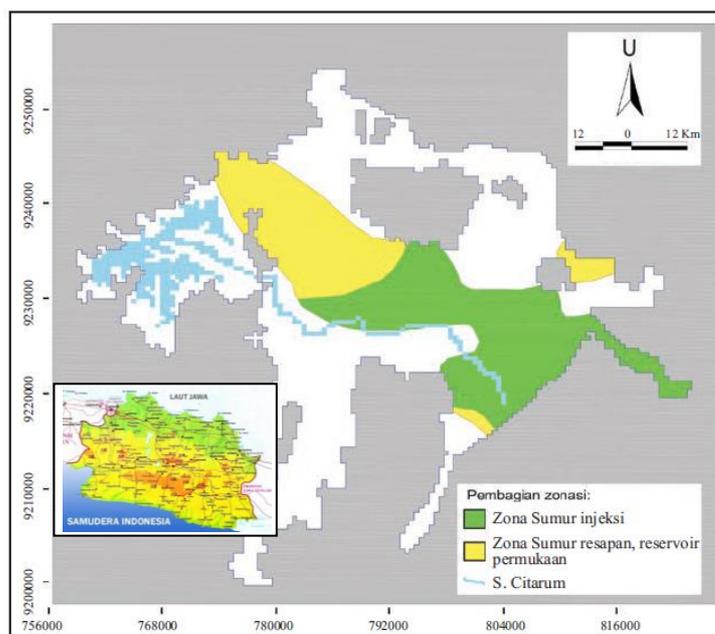
Ananta Purwoarminta
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI
Email : ananta.purwoarminta@lipi.go.id

sumber utama dalam pemenuhan air bersih oleh masyarakat. Pengambilan airtanah yang berlebihan memicu degradasi airtanah yang ditandai dengan menurunnya muka airtanah dan keringnya mata air. Cekungan Bandung-Soreang merupakan wilayah yang telah berkembang menjadi perkotaan dan banyak terdapat industri. Pengambilan airtanah dilakukan secara besar-besaran seiring dengan besarnya kebutuhan air baik oleh masyarakat dan industri (Hamandi et al., 2006). Permasalahan airtanah di Cekungan Bandung-Soreang lebih disebabkan oleh pengambilan air yang berlebihan dan pencemaran airtanah hubungannya dengan aktivitas perkotaan dan pertanian (Wagner dan Sukrisno, 1998).

Pengambilan airtanah yang berlebih telah mengakibatkan penurunan kuantitas airtanah di setiap tahunnya (Irawan, 2009; IGES, 2006; Gumilar et al., 2012; Taufiq et al., 2018). Penurunan muka airtanah yang telah terjadi dengan dampak yang ditimbulkan adalah amblesan tanah (Abidin et al., 2008). Dampak lain adalah terjadinya *upconing* air payau dari lapisan-lapisan batuan yang berada di bagian bawah seperti yang terjadi di daerah Gedebage, Kota Bandung (Hutasoit dan Ramdhan, 2006). Penyebab lain dari turunnya muka airtanah adalah adanya perubahan tata guna lahan. Perubahan ini mengakibatkan berkurangnya nilai infiltrasi sebagai salah satu sumber cadangan airtanah.

Penelitian berdasarkan analisa spasial distribusi resapan air potensial dengan peta penggunaan lahan sejak tahun 1950 – 2004 menunjukkan bahwa pada tahun 2004 daerah yang berfungsi baik dan normal alami di Cekungan Bandung-Soreang hanya 22,9% dari luas cekungan (Narulita et al., 2008).

Penurunan muka airtanah di daerah Bandung dan sekitarnya mencapai 0,12 m hingga 14,4 mm/tahun (Hamandi et al., 2006). Permasalahan penurunan muka airtanah di Cekungan Bandung-Soreang telah dicoba diatasi dengan rekayasa hidrogeologis melalui metode imbuhan (Barkah et al., 2015, Hutasoit, 2009). Tindakan ini dilakukan untuk memulihkan kondisi muka airtanah sedekat mungkin ke kondisi alamiahnya. Salah satu metode pemulihan yang dapat dilakukan adalah imbuhan buatan (*artificial recharge*). Teknik sumur imbuhan memiliki keberhasilan dalam mengelola dampak eksploitasi airtanah di perkotaan dengan menjaga kuantitas, kelayakan, dan kualitas airtanah (Dillon et al., 2018). Namun untuk mencapai keberhasilan teknologi tersebut, desain sumur imbuhan perlu memperhatikan kondisi alamiahnya. Bouwer (2002), menyatakan bahwa desain dan pengelolaan sistem imbuhan buatan perlu mempertimbangkan kondisi geologi, geokimia, hidrologis, biologi, dan aspek keteknikannya. Metode imbuhan buatan di Cekungan Bandung-Soreang seperti sumur



Gambar 1. Zonasi kesesuaian tipe resapan di Cekungan Bandung-Soreang (Hutasoit, 2009).

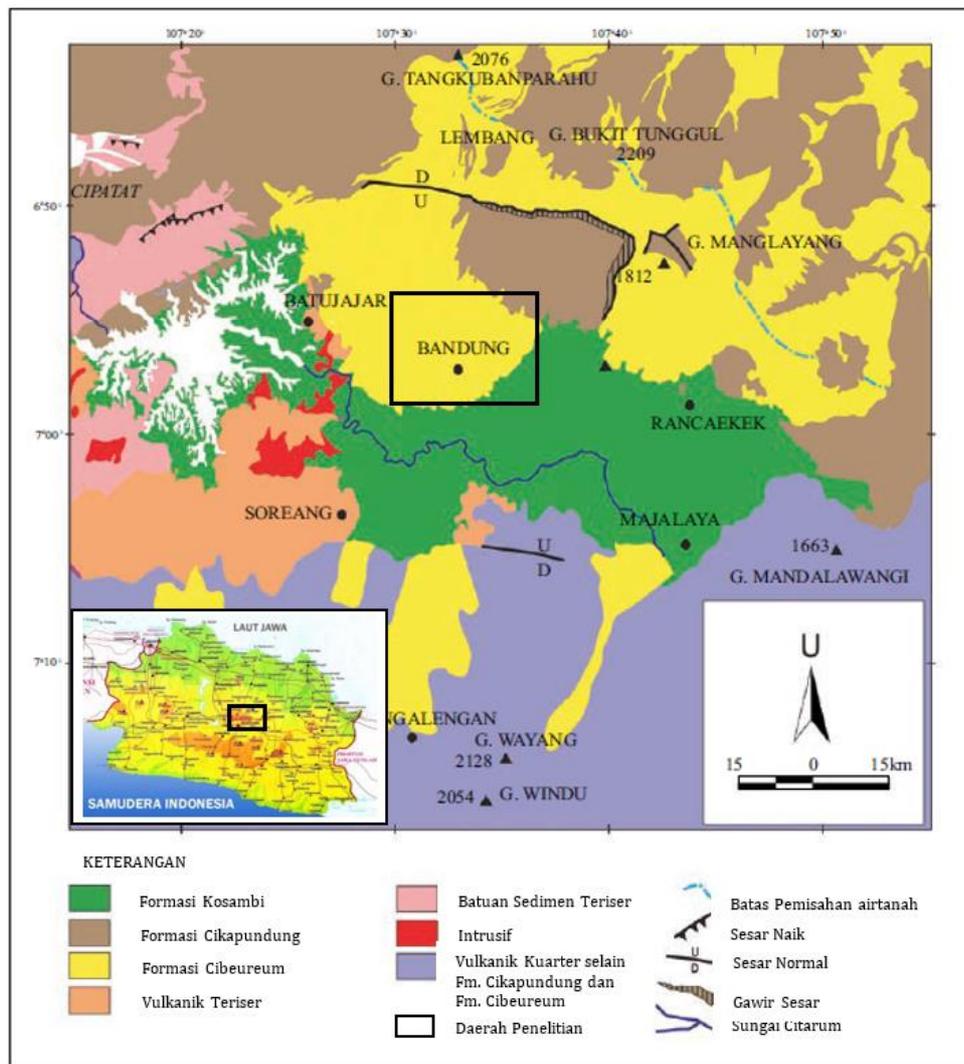
resapan, reservoir permukaan, atau parit resapan dapat diterapkan di Formasi Cibereum, sedangkan untuk airtanah akuifer tertekan dapat menggunakan sumur injeksi (Hutasoit, 2009) (Gambar 1).

Pertimbangan yang digunakan untuk menentukan lokasi resapan adalah kecepatan pemulihan airtanah di kedua zona tersebut. Air yang diinjeksikan ke dalam sumur imbuhan adalah air hujan, karena memiliki kualitas yang baik dan curah hujannya tinggi. Berdasarkan penjelasan di atas, maka perlu dilakukan evaluasi terhadap sumur imbuhan yang dianggap sebagai solusi dalam mengatasi penurunan muka airtanah di Cekungan Bandung-Soreang. Hal ini diperlukan, karena meski telah dipasang sumur imbuhan, tetapi penurunan muka airtanah tetap terjadi.

Berbagai metode sumur imbuhan yang telah diterapkan masih belum memberikan solusi yang signifikan terhadap pemulihan muka airtanah di Cekungan Bandung-Soreang. Maka melalui tulisan ini akan dibahas tentang evaluasi metode peresapan yang telah diterapkan di Cekungan Bandung-Soreang serta tingkat keberhasilannya.

TATANAN GEOLOGI

Secara geologi Cekungan Bandung-Soreang tersusun oleh batuan gunungapi Formasi Cibereum dan endapan lempung Formasi Kosambi (Gambar 2). Formasi Cibereum merupakan akuifer utama yang disusun oleh kipas-kipas vulkanik. Sedangkan Formasi Kosambi merupakan akuifer yang disusun oleh endapan danau dengan batuan dasarnya adalah



Gambar 2. Peta Geologi Cekungan Bandung (Hutasoit, 2009).

Formasi Cikapundung (Hutasoit, 2009). Berdasarkan tipenya, akuifer di Cekungan Bandung-Soreang dibagi menjadi dua yaitu akuifer bebas dengan kedalaman 0-40 meter, akuifer semi tertekan dan tertekan dengan kedalaman 40-250 meter, dan pada bagian tengah memiliki ketebalan akuifer bebas sebesar 1,2 m (Wagner dan Sukrisno, 1998).

METODE

Metode imbuhan buatan yang telah banyak diterapkan adalah peresapan langsung di permukaan, peresapan langsung bawah permukaan, kombinasi antara permukaan dan bawah permukaan, dan teknik resapan tidak langsung (Kavuri et al., 2011). Berbagai model imbuhan buatan tersebut telah diterapkan di Cekungan Bandung.

Teknik peresapan langsung di permukaan

Teknik ini meliputi sungai, waduk, embung, dan danau yang meresapkan air permukaan menuju airtanah. Teknik ini masih belum diterapkan dengan maksimal di Cekungan Bandung. Hal ini dapat dibuktikan bahwa hingga saat ini baru ada 3 embung di Kota Bandung yang bertujuan untuk menahan banjir. Penerapan teknik ini dapat dilakukan pada wilayah dengan Formasi Cibeureum yang mampu meresapkan airtanah. Taufiq dan Mudjihardjo (2009) telah melakukan penelitian menggunakan kolam resapan di daerah Rancaekek, dengan hasil bahwa air kolam resapan untuk sampai ke muka airtanah bebas membutuhkan waktu 180 hari.

Teknik peresapan langsung di bawah permukaan

Teknik peresapan ini bertujuan menginjeksikan air hujan langsung menuju akuifer. Penerapan metode ini di Cekungan Bandung adalah menginjeksikan air hujan pada akuifer di Formasi Cibeureum. Teknik ini telah diterapkan dalam bentuk lubang biopori, sumur resapan, dan sumur injeksi. Berdasarkan informasi data dari Dinas Pertamanan dan Permukiman (DPKP3) Kota Bandung (komunikasi internal, 2018), hingga saat ini telah membangun sumur resapan dengan kedalaman <5 meter di berbagai wilayah dan berdasarkan pengamatan di lapangan belum mempertimbangkan kondisi hidrogeologinya.

Penelitian tentang pembuatan lubang biopori telah dilakukan di bagian tengah DAS Cikapundung

dengan total kebutuhan 945.446 buah (Sanitya dan Burhanudin, 2017). Tujuan awal pembuatan biopori adalah untuk meningkatkan kesuburan tanah untuk pertanian (Hatigoran et al., 2014) namun kemudian ditingkatkan untuk meresapkan air dan mengurangi banjir. Kendala dari resapan biopori adalah jumlah yang besar dan perlu perawatan intensif. Hal ini ditunjukkan dengan banyaknya resapan biopori yang tidak berfungsi dengan baik karena tersumbat oleh sedimen air limpasan.

Sumur injeksi/sumur imbuhan juga telah diterapkan oleh pemerintah Kota Bandung dengan kedalaman yang bervariasi mulai dari 20 meter, 60 meter, dan 120 meter. Sumur imbuhan ini lebih dikenal dengan sumur imbuhan dalam (ASR) telah diatur dalam Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 16 Tahun 2001 tentang pengelolaan air bawah tanah. Tujuan pemerintah Kota Bandung membuat sumur ini untuk mengatasi banjir dengan menginjeksikan air permukaan ke dalam sumur imbuhan yang telah disaring terlebih dahulu menggunakan gravel.

Kombinasi antara peresapan permukaan dan bawah permukaan

Teknik imbuhan ini masih belum diterapkan di Kota Bandung. Teknik ini dapat diterapkan di Cekungan Bandung karena sesuai dengan karakteristik geologi penyusun akuifer yang *interfingering* (menjari) antara Formasi Cibeureum dengan Formasi Kosambi. Gambaran umum dari metode ini adalah dengan menggunakan bak peresapan untuk akuifer bebas yang dihubungkan menggunakan pipa dengan akuifer semi tertekan/tertekan.

Teknik peresapan tidak langsung

Teknik peresapan tidak langsung adalah dengan menempatkan sumur produksi di dekat badan air yang berada di permukaan seperti danau, rawa atau sungai. Teknik peresapan ini belum diterapkan di Cekungan Bandung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi Hasil Penelitian mengenai Imbuhan Buatan di Cekungan Bandung-Soreang

Penerapan imbuhan buatan untuk mengatasi turunnya muka airtanah di Cekungan Bandung-Soreang, telah dimulai sejak tahun 1992 (Soenarto et al., 1995) serta telah melalui berbagai tahapan hasil penelitian (Tabel 1). Metode peresapan

langsung untuk mengembalikan muka airtanah diperlukan waktu antara 9-19 tahun dengan jumlah sumur 120-160 buah di setiap daerah kritis air tanah di Cekungan Bandung-Soreang agar kondisinya dapat dipulihkan minimal mendekati

kondisi pada dekade tahun 70-an (Yuliani, 2007) dengan kuantitas peresapan adalah sebesar 164 juta m³/tahun (Hutasoit, 2009) atau 14,4 lt/det (Taufiq et al., 2009).

Tabel 1. Hasil Penelitian Imbuhan Resapan di Cekungan Bandung tahun 1995-2018.

No	Peneliti dan Tahun Publikasi	Metode yang dikaji	Permasalahan	Hasil
1	Soenarto, B (1995)	Metode Imbuhan	Turunnya muka airtanah (MAT)	Diperlukan metode imbuhan buatan dengan memanfaatkan air hujan.
2	Fildebrandt et al. (2003)	Sumur injeksi tunggal dan ganda	Penurunan MAT dan kualitas air injeksi	Kualitas air untuk sumur injeksi harus baik. Sistem injeksi tunggal dan ganda diterapkan sesuai dengan karakteristik hidrogeologinya
3	Dewi, Y (2007)	Sumur Resapan	Kemampuan sumur resapan dalam mengembalikan MAT	Pemulihan airtanah membutuhkan waktu antara 9-19 tahun mendekati kondisi pada dekade tahun 70-an.
4	Taufiq, A dan Mudjiharjo, D (2009)	Kolam resapan dan Sumur resapan	Debit imbuhan yang diperlukan untuk menaikkan ketinggian muka airtanah	Kolam resapan membutuhkan waktu 180 hari ke airtanah bebas. Resapan dangkal menaikkan elevasi muka airtanah 5m, radius pengaruh 180m, debit imbuhan 4,5 lt/det. Resapan untuk menaikkan MAT 10 m radius 200m, debit imbuhan 14,4 lt/det.
5	Harnandi, D dan Herawan, W (2009)	Metoda imbuhan	Penurunan MAT di setiap lapisan akuifer	Kecepatan penurunan MAT akuifer tengah; Periode 2000–2006= 0,11 – 12,03 m/tahun, Periode 1994 – 2006=0,16 – 2,61 m/tahun. Resapan buatan harus menggunakan sumur dalam hingga mencapai akuifer.
6	Hutasoit, L (2009)	Simulasi numerik dengan dan tanpa peresapan	Penurunan muka airtanah (MAT)	Tanpa peresapan buatan tahun 2013 akan terjadi penambahan zona kritis 116 %, zona rusak 570 %. Sumur resapan, reservoir permukaan, atau parit resapan diterapkan pada Formasi Cibereum. Sumur injeksi pada akuifer tertekan. Potensi peresapan buatan sebesar 164 juta m ³ /tahun.
7	Nurliana, L dan Widodo, L.E (2009)	Perhitungan imbuhan airtanah	Potensi peresapan airtanah	Potensi imbuhan airtanah bebas yang berasal dari kawasan pemukiman sebesar 76 mm/thn. Presipitasi yang terjadi sebesar 2.952.054.614 m ³ /thn, tetapi yang menjadi imbuhan airtanah hanya sebesar 149.038.594 m ³ /thn atau hanya 5%.

8	Sumawijaya, N (2012)	Imbuhan buatan dengan air dari cucuran atap	Sumber dan teknik imbuhan	Imbuhan buatan dari air hujan cucuran atap: jika 50% air hujan maka air hujan sejumlah 93,552,840 m ³ /tahun dapat dimasukkan ke dalam akuifer.
9	Sunarwan et al, (2013)	Analisa unsur penjejak airtanah	Karakter airtanah	Terjadi pergeseran gradien garis meteorik lokal yang mengindikasikan perubahan karakter airtanah, sebagai dampak penambahan volume air dari imbuhan buatan yang dilakukan secara masal dari tahun 2003.
10	Taufiq et al, (2018)	Analisa pola aliran airtanah	Mixing antara airtanah dangkal dan dalam	Penurunan muka airtanah masih terus terjadi.

Peresapan airtanah alami di Cekungan Bandung-Soreang diperkirakan sebesar 86 juta m³/tahun (5% dari curah hujan) (Widodo, 2013). Sementara jika air cucuran atap dari setengah atap bangunan saja untuk Cekungan Bandung-Soreang mampu menambah ketersediaan airtanah sebesar ±93,552,840 m³/tahun (Sumawijaya, 2012).

Imbuhan airtanah telah diaplikasikan oleh Pemerintah Kota Bandung dimana hingga tahun 2017 yang tercatat sebanyak 30 sumur resapan dan sumur imbuhan (DLHK dan DPKP3 Kota Bandung, 2018). Sedangkan untuk pemerintah Kota Cimahi hingga tahun 2016 telah membuat lebih dari 200 sumur imbuhan (Dinas Lingkungan Hidup Kota Cimahi, 2016). Jumlah sumur imbuhan tersebut belum termasuk yang dibuat oleh masyarakat dan swasta. Sehingga berdasarkan catatan pemerintah daerah total sumur resapan yang teridentifikasi sebanyak 230 buah dan belum termasuk sumur resapan di wilayah administrasi lain.

Penurunan muka airtanah di Cekungan Bandung-Soreang

Penurunan muka airtanah secara intensif terjadi di daerah Cimahi, Dayeuhkolot dan Rancaekek meskipun telah diterapkan sumur imbuhan. Pada wilayah ini terjadi pengambilan artanah secara intensif sehingga menimbulkan penurunan muka airtanah. Perbandingan pola aliran airtanah tahun 2010 dan 2015 terlihat pada ketiga lokasi tersebut. Berdasarkan peta tersebut tidak terlihat perbedaan yang signifikan. Sedangkan pada airtanah dangkal

tidak terlihat penurunan secara signifikan Gambar 3 dan Gambar 4.

Penilaian efektivitas sumur imbuhan

Beberapa analisis terkait penilaian efektivitas sumur imbuhan telah dilakukan berdasarkan data hidroisotop (Sunarwan et al., 2013) dan fluktuasi muka airtanah di daerah resapan (Yuliani, 2007). Perubahan karakter isotop ²H dan ¹⁸O airtanah pada akuifer dangkal di CAT Bandung-Soreang yaitu terjadinya pergeseran gradien garis meteorik lokal yang mengindikasikan perubahan karakter airtanah. Perubahan ini sebagai dampak penambahan volume air dari imbuhan buatan yang dilakukan secara massal dari tahun 2003 (Sunarwan et al., 2013).

Penelitian sumur resapan dalam oleh Dinas ESDM Provinsi Jawa Barat dalam (Yuliani, 2007), bahwa pada kurun tahun 2005-2007 menunjukkan penurunan airtanah pada di tiga industri dengan lokasi yang berbeda yaitu PT. BSTM di Dayeuhkolot, PT. Sunson Textile Manufacture di Rancaekek, dan PT. Dewasutratex II di Cimahi Selatan. Hasil analisis menunjukkan bahwa dalam periode 17 bulan sejak pembangunan sumur resapan dalam, terjadi kenaikan muka air yang signifikan pada 2 sumur resapan dalam di daerah Dayeuhkolot dan penurunan muka airtanah pada 1 resapan di daerah Rancaekek, yang berkorelasi dengan hasil pemantauan pada sumur-sumur pantau di sekitarnya. Apabila setiap sumur resapan dalam di Cekungan Airtanah Bandung-Soreang rata-rata

Tabel 1. Simulasi perhitungan pemulihan muka airtanah yang dilakukan oleh Dinas ESDM Provinsi Jawa Barat.

No	Uraian	Lokasi		
		Dayeuhkolot	Cimahi Selatan	Rancaekek
1	Fluktuasi Muka Airtanah	+1,73 m/thn	+6,74 m/th	-4,5 m/th
2	Perkiraan Volume Airtanah Yang Masuk ke Sumur Imbuan Tahunan	13.373 m ³ /thn	13.000 m ³ /thn	9.760 m ³ /thn
3	Jumlah Sumur resapan	120	292	160
4	Waktu Perkiraan Pemulihan	17 tahun	9 tahun	19 tahun

Sumber: Yuliani, 2007

dapat meresapkan 10.000 m³/tahun, maka dibutuhkan waktu antara 9-19 tahun dengan jumlah sumur 120-160 buah di setiap daerah kritis airtanah di Cekungan Bandung-Soreang agar kondisinya dapat dipulihkan minimal mendekati kondisi pada dekade tahun 70-an (Tabel 1).

KESIMPULAN

Penerapan metode imbuan buatan di Cekungan Airtanah Bandung-Soreang, berdasarkan hasil penelitian dalam kurun waktu 23 tahun ini merupakan sebagai salah satu metode yang mampu untuk mengurangi penurunan muka airtanah dan menambah simpanan airtanah. Teknik sumur resapan, parit resapan, kolam resapan hanya dapat diterapkan untuk akuifer bebas. Sedangkan untuk akuifer tertekan adalah metode sumur injeksi. Air yang diinjeksikan harus memenuhi syarat baku mutu air bersih. Hasil penelitian terakhir menunjukkan bahwa metode ini baru mampu mengurangi penurunan muka airtanah. Jika hasil yang diharapkan adalah kembalinya muka airtanah ke kondisi awal maka diperlukan pengembangan metode dan atau penambahan jumlah imbuan buatan. Pengembangan metoda yang perlu dilakukan adalah mengkombinasikan antara resapan permukaan dan bawah permukaan. Metoda resapan tidak langsung dapat pula dikembangkan, dengan syarat perlindungan dan kualitas air permukaan di wilayah ini telah layak untuk diresapkan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar besarnya kepada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi melalui program INSINAS yang telah membiayai penelitian terkait sumur imbuan untuk airtanah. Kami juga mengucapkan terimakasih kepada Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI yang telah memberikan kesempatan dalam melakukan penelitian imbuan airtanah di Cekungan Bandung. Penulis juga mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Robert M. Delinom atas masukan dan sarannya serta anggota tim penelitian Ir. Nyoman Sumawijaya M.Sc, Wilda Nailly MT, Hilda Lestiana MT, dan Ir. Priyo Hartanto atas diskusinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z., H. Andreas, M. Gamal, A. D. Wirakusumah, D. Darmawan, T. Deguchi, Y. Maruyama., 2008. Land Subsidence Characteristic of The Bandung Basin, Indonesia, as Estimated From GPS and InSAR, *Journal of Applied Geodesy* 2, 167-177. DOI: 10.1515/JAG.2008.019
- Barkah, M. N., Setiadi, D. J., Hadian, M. S. D., 2015. Perhitungan Potensi Airtanah Di Kawasan Kampus Unpad Jatindang Dengan Metode Numerik. *Bulletin of Scientific Contribution*, 13(3), 250–258.

- Bouwer, H., 2002. Artificial recharge of groundwater: Hydrogeology and engineering. *Hydrogeology Journal*, 10(1), 121–142. DOI: 10.1007/s10040-001-0182-4.
- Dillon, P., Stuyfzand, P., Grischek, T., Lloria, M., Pyne, R. D. G., Jain, R. C., Bear, J., Schwarz, J., Wang, W., Fernandez, E., Stefan, C., Pettenati, M., van der Gun, J., Sprenger, C., Massmann, G., Scanlon, B. R., Xanke, J., Jokela, P., Zheng, Y., Rossetto, R., Shamrukh, M., Pavelic, P., Murray, E., Ross, A., Valverde, J. P. B., Palma Nava, A., Ansems, N., Posavec, K., Ha, K., Martin, R., Sapiano, M., 2018. Sixty years of global progress in managed aquifer recharge. *Hydrogeology Journal*. DOI: 10.1007/s10040-018-1841-z
- Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK), Dinas Perumahan dan Kawasan Permukiman, Pertanahan, dan Pertamanan (DPKP3) Kota Bandung, 2018. Komunikasi Internal
- Dinas Lingkungan Hidup Kota Cimahi, 2016. Peta Sebaran Sumur Resapan Kota Cimahi
- Fildebrandt, S., Pavelic, P., Dillon, P., Prawoto, N., 2003. Recharge Enhancement Using Single or Dual Well Systems for Improved Groundwater Management in the Bandung Basin, Indonesia. Technical Report 29/03, CSIRO Land and Water, Adelaide
- Gumilar, I., Abidin, H. Z., Hutasoit, L. M., Hakim, D. M., Sarsito, D. A., Andreas, H., Sidiq, T. P., 2012. Studi Pemantauan Penurunan Muka Tanah di Cekungan Bandung dengan Metode Survei GPS dan InSAR Penurunan muka tanah merupakan fenomena yang sering terjadi di kota-kota. *Indonesian Journal of Geospatial*, 1(4), 44–53.
- Hamandi, D., Iskandar, N., Arief, S., 2006. Konservasi Air Tanah di Daerah Bandung dan Sekitarnya. *Buletin Geologi Tata Lingkungan*, 16(2), 41–57.
- Harnandi, D., Herawan, W. 2009. Pemulihan Air Tanah Berdasarkan Kajian Hidrogeologi di Cekungan Air Tanah Bandung - Soreang. *Jurnal Sumber Daya Air*, 5(1), 43-52.
- Hatigoran, P.R., Moenandir, J. dan Soekartomo, S., 2014. Pengaruh Lubang Resapan Biopori Pada Pertumbuhan Dan Panen Tanaman Gandum Musim Semi Var. Dewata (Dwr 162). *Jurnal Produksi Tanaman*, 1(6), 465–470.
- Hutasoit, L.M., Ramdhan, A.M., 2006. Recharge Area and the Origin of Brackish Water in East Bandung: Result of Exploration Well. *Proceedings of International Symposium on Mineral Exploration (ISME) IX, Bandung*.
- Hutasoit, L., 2009. Kondisi Permukaan Air Tanah dengan dan tanpa Peresapan Buatan di Daerah Bandung: Hasil Simulasi Numerik. *Indonesian Journal on Geoscience*, 4(3), 177–188..
- IGES, 2006. Comparative Study Of Groundwater Management - based on the case studies in Asian cities. Interim Report: Sustainable Groundwater Management in Asian Cities: A Summary Report of Research on Sustainable Water Management in Asia, pp.3–18.
- Irawan, D.E., 2009. Hidrogeologi Cekungan Bandung Contents. *Geologi Cekungan Bandung*, pp.1–20.
- Kavuri, M., Boddu, M., Annamdas, V.G.M., 2011. New Methods of Artificial Recharge of Aquifers: A Review IPWE 2011, *Proceedings of 4th International Perspective on Water Resources & the Environment*, National University of Singapore (NUS), Singapore. Poster on: Artificial Recharge of Aquifer, No: 1j
- Leni, N., Widodo, L.E., 2009. Potensi Imbuhan dan Imbuhan Airtanah Cekungan Airtanah Bandung. *Jurnal Teknologi Mineral*, 16 (4), 261-268.
- Narulita, I., Rahmat, A., Maria, R., 2008. Aplikasi Sistem Informasi Geografi Untuk Menentukan Daerah Prioritas Rehabilitasi Di Cekungan Bandung. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan* Jilid, 18(1), 23–35.

- Sanitya, R.S., Burhanudin, H., 2017. Penentuan Lokasi dan Jumlah Lubang Resapan Biopori di Kawasan DAS Cikapundung bagian tengah. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 13(1), 25–36.
- Soenarto, B., 1995. Rekayasa Peresapan Buatan Untuk Mengatasi Susutnya Peresapan Air Alami Akibat Konversi Lahan Alami Menjadi Lahan Pemukiman, *Prosiding Seminar Air Tanah Cekungan Bandung 1995*, Satgas PSDA, ITB, Bandung, II-41 - II-58.
- Sumawijaya, N., 2012. Tinjauan Imbuhan Buatan: Solusi Untuk Mengatasi Masalah Kekurangan Airtanah Di Cekungan Bandung. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, 22(1), 61–71. DOI: 10.14203/risetgeotam2012.v22.58
- Sunarwan, B., Irawan, D.E., Puradimaja, D.J., Notosiswoyo, S., 2013. Perubahan Karakter Isotop 2H dan 18O Air Tanah Pada Akuifer Dangkal di Cat Bandung-Soreang. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir PTNBR – BATAN Bandung*.
- Taufiq, A., Mudjiharjo, D. 2009. Recharge Airtanah Untuk Cekungan Bandung, *Prosiding kolokium Hasil Puslitbang Sumber Daya Air*.
- Taufiq, A., Hosono, T., Ide, K., Kagabu, M., Iskandar, I., Effendi, A.J., Hutasoit, L.M., Shimada, J., 2018. Impact of excessive groundwater pumping on rejuvenation processes in the Bandung Basin (Indonesia) as determined by hydrogeochemistry and modeling. *Hydrogeology Journal*, 26, 1263–1279. DOI: 10.1007/s10040-017-1696-8.
- Wagner, W., Sukrisno, 1998. Natural Groundwater Quality And Groundwater Contamination In The Bandung Basin, Indonesia. *Buletin Geologi Tata Lingkungan*, 23, 28–33.
- Widodo, L.E., 2013. International Symposium on Earth Science and Technology , CINEST 2012 Estimation of Natural Recharge and Groundwater Build up in the Bandung Groundwater Basin Contributed from Rain Water Infiltration and Inter- aquifer Transfer. *Procedia Earth and Planetary Science*, 6, 187–194. DOI: 10.1016/j.proeps.2013.01.025.
- Yuliani, D. 2007. Upaya Penanganan Cekungan Air Tanah Kritis. Naskah Akademik Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Jawa Barat. *Workshop Recharge Air Tanah Dalam, Puslitbang Pengairan, Kementrian Pekerjaan Umum, Bandung*, 18 Juli 2007.