

PENURUNAN KAPASITAS IMBUHAN AIR TANAH CAT JAKARTA MENGGUNAKAN METODE NERACA AIR UNTUK DAERAH URBAN

The Decreasing of Groundwater Recharge Capacity in Jakarta Groundwater Basin Using Water Balance Method for Urban Area

Wulan Seizarwati¹, Muhshonati Syahidah¹, Heni Rengganis¹

¹ Pusat Litbang Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

ABSTRAK Sebelum DKI Jakarta mengalami perkembangan perkotaan yang pesat sekitar tahun 1960an, sebagian besar wilayahnya masih tertutup hutan primer dan rawa sehingga potensi imbuhan masih sangat tinggi. Alih fungsi lahan menyebabkan terganggunya kapasitas imbuhan yang dapat mengisi kembali tampungan air tanah. Imbuhan air tanah merupakan komponen penting untuk mengestimasi jumlah air yang masuk ke dalam tampungan air tanah. Penelitian ini menerapkan perhitungan imbuhan dengan metode neraca air untuk daerah urban yang dikembangkan dalam *Jabotabek Water Resources Management Study (JWRMS)* untuk wilayah CAT Jakarta. Dalam metode tersebut, perhitungan dibedakan untuk area kedap (seperti jalan aspal, pemukiman, dll) dan area tidak kedap (seperti ruang terbuka hijau, sawah, dll). Pada tahun 1900 imbuhan air tanah CAT Jakarta berkisar antara 500 – 1500 mm/tahun, bahkan untuk wilayah Kota Bekasi dan Depok hingga mencapai 2000 mm/tahun. Hasil perhitungan imbuhan air tanah tahun 1991 – 2014 menunjukkan bahwa umumnya nilai imbuhan di CAT Jakarta kurang dari 250 mm/tahun meskipun ada sebagian kecil area yang masih memiliki nilai imbuhan yang potensial. Nilai persentase imbuhan berkisar antara 4 – 20% dan rata – rata imbuhan

air tanah di CAT Jakarta adalah 15% dari nilai curah hujan yang jatuh.

Kata kunci: imbuhan, tutupan lahan, CAT, JWRMS

ABSTRACT Before rapid urban development happened in DKI Jakarta during the 1960s, most of the area was still covered by primary forest and swamp, so that recharge potential is still very high. Landuse change causes disruption of recharge capacity to replenish groundwater storage. Groundwater recharge an essential component to estimate the amount of water that flows into the groundwater storage. This research applies a method of annual recharge calculation developed in *Jabotabek Water Resources Management Study (JWRMS)* for Jakarta Groundwater Basin area. In this method, calculation is distinguished for both impermeable area (such as paved road, settlement, etc.) and permeable area (such as open green space, rice field, etc.). In 1900, groundwater recharge for the entire Jakarta, ranging from 500 – 1500 mm/year, even in Bekasi and Depok it reached up to 2000 mm/year. The results of groundwater recharge calculation in 1991 - 2014 shows that generally the groundwater value in Jakarta Groundwater Basin is less than 250 mm/year, although there are small areas that still have recharge potential. Recharge percentage value ranging from 4% to 20%, and the groundwater recharge average in Jakarta Groundwater Basin is 15% of rainfall.

Keywords: recharge, landuse, Groundwater Basin, JWRMS

Naskah masuk : 31 Januari 2017
Naskah direvisi : 04 Februari 2017
Naskah diterima : 02 Mei 2017

Wulan Seizarwati
Pusat Litbang Sumber Daya Air, Kementerian
Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
Jl Ir. H. Juanda No. 193, Bandung 40135
Email : wulan_seizarwati@yahoo.com

PENDAHULUAN

Imbuhan merupakan faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam penelitian terkait potensi air tanah, yang mana daerah berpotensi adalah

bagian utama dari daerah imbuhan. Dalam proses terbentuknya air tanah, imbuhan menjadi salah satu faktor penentu terpeliharanya kelestarian air tanah yang secara tidak langsung menjamin terhadap kelangsungan hidup manusia. Besarnya volume air hujan yang meresap ke dalam tanah akan menentukan tercapai atau tidaknya keseimbangan kondisi air tanah (Igboekwe and Ruth, 2011).

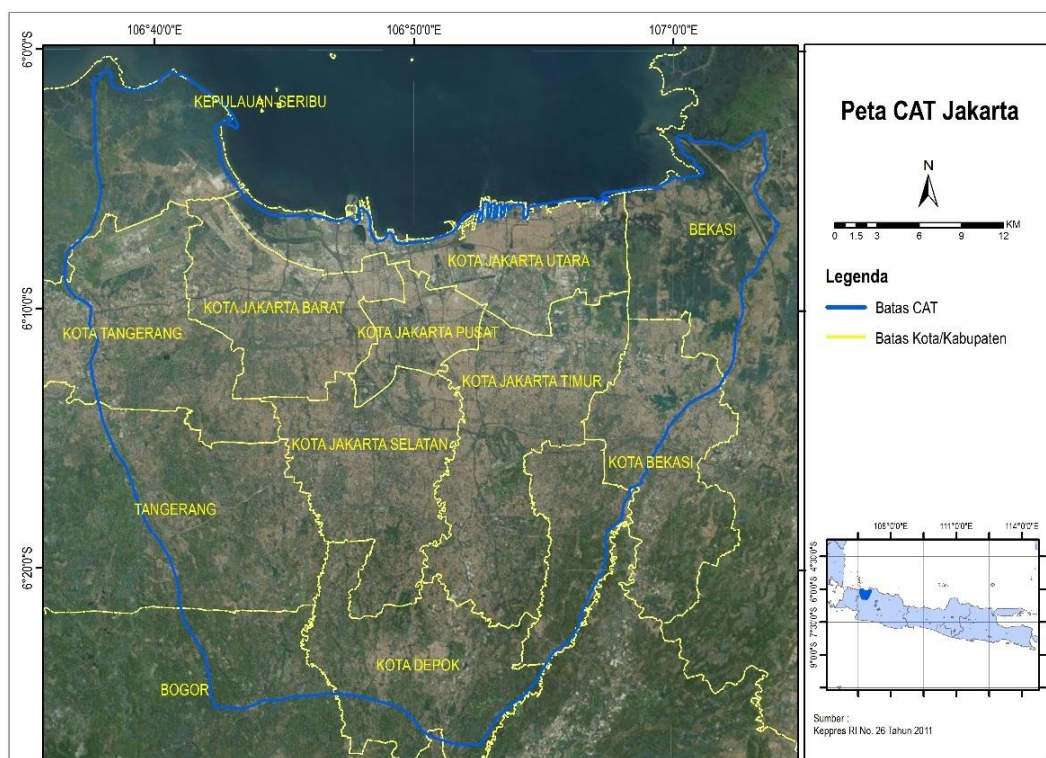
Imbuhan air tanah adalah masuknya air melewati zona jenuh di dalam tanah baik dipengaruhi oleh gravitasi maupun oleh kondisi hidrauliknya (Simmers, 1987). Oleh karena itu, imbuhan air tanah dapat disebut juga sebagai parameter yang dapat menggambarkan jumlah air yang masuk ke dalam tampungan air tanah (*groundwater storage*) dan menjaga keberlanjutan air tanah di dalam lapisan akuifer (*sustainable groundwater*). Kapasitas imbuhan tentunya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungannya dalam meresapkan air ke dalam tanah. Menurut Siebert *et al.* (2010) imbuhan air tanah terutama dipengaruhi oleh tiga faktor, yaitu :

- Kondisi hidrometeorologi yang meliputi intensitas, durasi, dan volume curah hujan serta kondisi atmosfer lingkungan.

- Kondisi hidrogeologi yang terdiri dari geomorfologi, geologi, dan pedologi dari permukaan tanah tempat terjadinya curah hujan atau air yang melimpas
- Kondisi jenis tutupan vegetasi dan penggunaan lahan.

Air tanah merupakan sumber air baku yang paling diminati oleh masyarakat khususnya kota – kota besar di Indonesia. Hal ini terjadi karena suplai air baku yang seharusnya diutamakan bersumber dari air permukaan belum mampu memenuhi seluruh kebutuhan air penduduk, seperti kebutuhan rumah tangga, industri, perhotelan, pusat perkantoran, dan lain sebagainya. Terlebih lagi, air tanah memiliki keunggulan tersendiri dari segi kuantitas, kualitas, serta perolehannya yang mudah dan murah.

Seiring dengan pesatnya pertumbuhan perkotaan, berdampak pada laju pemakaian dan pengisian kembali air tanah menjadi tidak seimbang. Pertumbuhan penduduk menyebabkan eksploitasi air tanah tidak dapat lagi dikendalikan. Di samping itu, alih fungsi lahan menyebabkan terganggunya kapasitas imbuhan yang dapat mengisi kembali tampungan air tanah.



Gambar 1. Peta Cekungan Air Tanah (CAT) Jakarta

Hal seperti ini sudah umum terjadi di wilayah perkotaan termasuk Ibu Kota Negara RI, DKI Jakarta. Berdasarkan penelitian – penelitian terdahulu, potensi air tanah Jakarta masih sangat baik sebelum mengalami perkembangan kota yang pesat. Pada zaman kolonial, banyak ditemukan sumur – sumur artesis *self flowing* yang dibangun oleh Pemerintah Belanda (Kooy, 2008). Menurut Delinom dan Taniguchi (2015), tinggi air artesis di Jalan Tongkol pada tahun 1960 mencapai lebih dari 24 meter. Hal ini terjadi karena pemanfaatan air tanah pada saat itu masih sangat sedikit. Selain itu, kapasitas imbuhan pun masih sangat tinggi yang didukung dengan tata guna lahan yang masih dalam kondisi baik dalam meresapkan air tanah.

Dalam rangka menjaga keberlangsungan air tanah di wilayah DKI Jakarta, maka kajian mengenai kapasitas imbuhan air tanah pada kondisi saat ini menjadi hal yang penting untuk dijadikan rekomendasi teknis dalam upaya konservasi air tanah Jakarta. Tujuan dari penelitian ini adalah mengestimasi jumlah imbuhan air tanah Jakarta secara spasial pada kondisi 2 dekade terakhir untuk menunjukkan adanya tren penurunan.

Lokasi penelitian yaitu di wilayah CAT Jakarta seluas 1439 km² yang secara geografis terletak pada 106°36'32,54" – 107°04'04,78" BT dan 6°00'43,50" – 6°26'58,23" LS (Gambar 1).

Sebelum tahun 1960an, sebagian besar wilayah DKI Jakarta terutama bagian utara masih tertutup rawa dan hutan primer yang tebal. Kapasitas imbuhan pada saat itu masih tinggi, nilai imbuhan potensialnya kurang lebih hampir sama dengan P_{net} (curah hujan dikurangi evapotranspirasi aktual). Hal ini dibuktikan dengan perhitungan imbuhan air tanah tahun 1900 oleh Soefner *et al.* (1986), seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Persamaan yang digunakan untuk kondisi wilayah yang belum mengalami perkembangan perkotaan cukup sederhana, yaitu dengan persamaan berikut.

$$R_{perv} = (P * (1 - k_{dsro}) - E_{act}) \quad (1)$$

dengan:

$$R_{perv} = \text{imbuhan air hujan yang jatuh pada area permukaan yang tidak kedap (mm/tahun)}$$

k_{dsro} = persentase limpasan permukaan langsung dari tanah yang tidak kedap

P = curah hujan (mm/tahun)

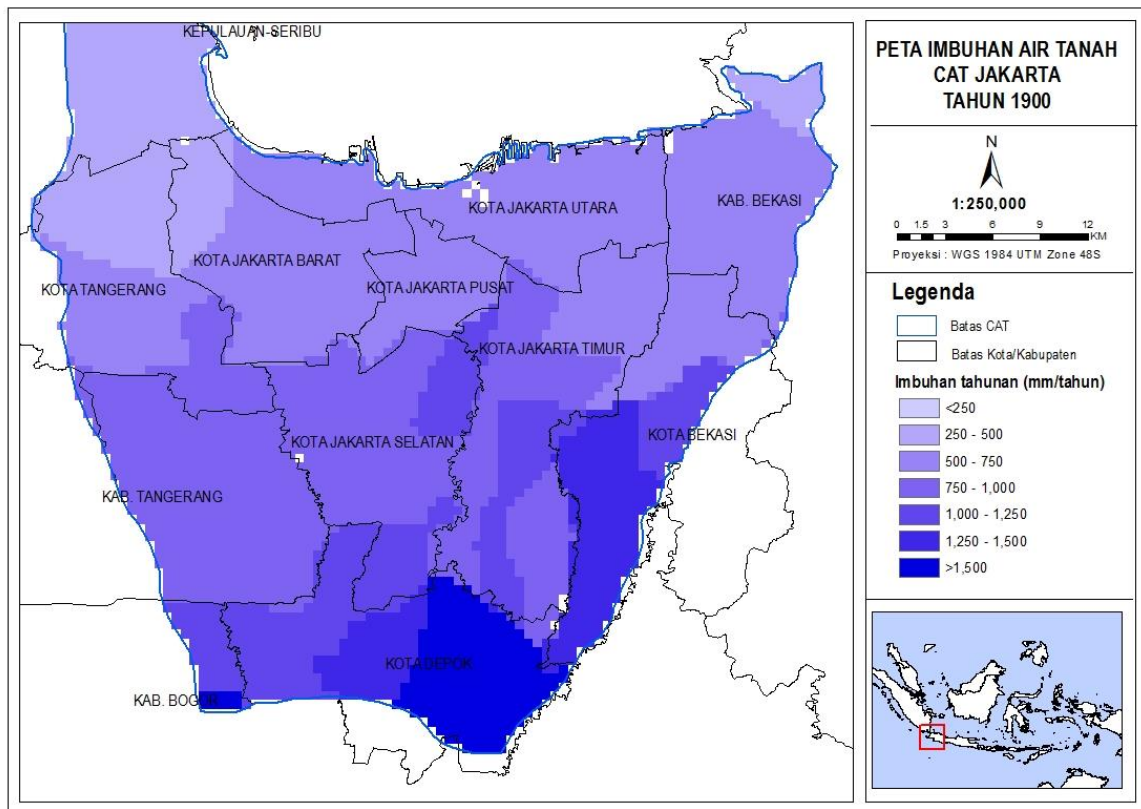
E_{act} = evapotranspirasi aktual (mm/tahun)

Hasil perhitungan nilai imbuhan di wilayah Jakarta Utara, Jakarta Pusat, Kab. Bekasi, serta sebagian Jakarta Barat, Kota Tangerang, dan Jakarta Timur berkisar antara 500 – 750 mm/tahun. Wilayah Kab. Tangerang bagian Selatan, Kab. Bogor, serta sebagian Kota Depok, Jakarta Selatan, Jakarta Timur, dan Kota Bekasi berkisar antara 750 – 1500 mm/tahun. Nilai imbuhan CAT Jakarta semakin tinggi ke Selatan, bahkan di sebagian Kota Depok mencapai lebih dari 1500 mm/tahun. Sementara itu, nilai imbuhan paling rendah adalah di wilayah Kab. Tangerang bagian Utara serta sebagian Jakarta Barat dan Kota Tangerang yaitu kurang dari 250 mm/tahun.

Sekitar tahun 1962 merupakan awal dilaksanakannya revitalisasi kawasan Pluit untuk dijadikan kawasan tangkapan air disertai munculnya gagasan untuk menata bagian utara Jakarta melalui pembangunan hotel – hotel, taman – taman, dan tempat rekreasi. Pembangunan kawasan rekreasi dilakukan dengan mereklamasi sebagian perairan utara Jakarta, termasuk lokasi rawa Ancol yang mengalami pengurukan seluas 552 hektar hingga tahun 1966. Selanjutnya pada tahun 1984, kembali dilakukan reklamasi kedua yaitu di sekitar Pantai Mutiara.

Terjadinya reklamasi di bagian Utara Kota Jakarta tersebut bersamaan dengan semakin tingginya alih fungsi lahan di seluruh wilayah DKI Jakarta dari Ruang Terbuka Hijau (RTH) menjadi kawasan pemukiman, industri, dan jasa perdagangan. Berdasarkan peta tata guna lahan tahun 1995 yang bersumber dari BPPT, luas pemukiman sudah mencapai angka 61,62% dari total luas DKI Jakarta (Tabel 1).

Directorate General Water (1994) dalam studinya *Jabotabek Water Resources Management Study* mengembangkan metode untuk mengestimasi jumlah imbuhan air tanah pada kondisi setelah pengembangan perkotaan (*urban development*) dimulai. Metode tersebut merupakan modifikasi metode neraca air dengan mempertimbangkan faktor tata guna lahan, drainase perkotaan, dan sebagainya.



Gambar 2. Peta imbuhan air tanah tahun 1900
(Sumber: Soefner et al., 1986)

Terdapat banyak metode untuk menghitung besarnya imbuhan yang masuk ke dalam tanah namun memilih teknik yang tepat seringkali sulit. Beberapa metode yang dapat diterapkan antara lain dengan perhitungan *water balance*, teknik isotop, metode infiltrasi, metode persentase hujan, metode keseimbangan klorida, metode hidrograf sumur atau hidrograf limpasan, hingga perhitungan dengan eksperimen. Teknik berbasis air permukaan dan data zona tak jenuh dapat memberikan perkiraan potensi imbuhan (Scanlon, et al., 2002). Menurut Yongxin and Beekman (2003), besaran imbuhan sangat sulit untuk diperkirakan dengan andal dan dalam banyak kasus metode estimasi imbuhan diperlukan lebih dari satu.

Pada penelitian ini dipilih metode perhitungan neraca air untuk daerah urban yang dikembangkan dalam studi JWRMS, karena metode ini dianggap cocok untuk mengestimasi jumlah imbuhan di wilayah Jakarta yang telah mengalami perkembangan perkotaan yang begitu pesat ditinjau dari perubahan tata guna lahannya.

Metode tersebut membedakan perhitungan imbuhan berdasarkan area kedap (seperti jalan aspal, pemukiman, dll.) dengan area tidak kedap (seperti ruang terbuka hijau, sawah, dll). Imbuhan di area kedap tetap dipertimbangkan karena tidak semua air di area pemukiman atau pusat perkotaan mengalir di permukaan, sebagian ada yang mengalami infiltrasi ke dalam tanah misalnya melalui saluran drainase meskipun hanya sedikit. Sebaliknya untuk area tidak kedap, persentase air yang melimpas pun tetap dihitung karena pada kenyataannya tidak seluruhnya air dapat mengimbuh ke dalam tanah. Mekanisme perhitungan imbuhan dalam studi JWRMS dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan mekanisme tersebut, berikut ini formulasi yang digunakan.

$$R_{perv} = (1 - f_{impv}) * (P * (1 - k_{dsro}) - E_{act}) \quad (2)$$

$$R_{impv} = f_{impv} * k_{impv} * (P - E_{a_{impv}}) \quad (3)$$

Keterangan :

R_{impv} = imbuhan air hujan yang jatuh pada area permukaan yang kedap

- R_{perv} = imbuhan air hujan yang jatuh pada area permukaan yang tidak kedap
- f_{impv} = persentase permukaan kedap (berhubungan dengan laju populasi dan aktivitas komersial)
- P = curah hujan (mm/tahun)
- k_{dsro} = persentase limpasan permukaan langsung dari tanah yang tidak kedap
- k_{impv} = persentase curah hujan yang jatuh pada permukaan kedap, yang berinfiltrasi ke dalam tanah
- Ea_{impv} = evapotranspirasi aktual dari permukaan yang kedap

Nilai limpasan permukaan k_{dsro} tidak dapat dipisahkan dari komponen air tanah yang mengalir cepat. Dengan ketiadaan informasi tentang nilai limpasan permukaan, maka diasumsikan untuk seluruh area memiliki nilai 10% dari nilai curah hujan. Selain itu, nilai evapotranspirasi aktual diasumsikan sama di seluruh area sebesar 1150 mm/tahun (DGWR, 1994).

Hasil perhitungan imbuhan air tanah untuk kondisi tahun 1990 yang dilakukan dalam studi JWRMS dapat dilihat pada Gambar 4. Jika dibandingkan dengan kondisi imbuhan tahun 1900, daerah dengan nilai imbuhan <250 mm/tahun bertambah hingga ke wilayah Jakarta Utara, Kab. Bekasi, dan sebagian Jakarta Pusat, Jakarta Timur, dan Kab. Tangerang bagian Selatan. Sedangkan untuk nilai imbuhan antara 750 – 1500 mm/tahun pada tahun 1990 hanya terdapat di sebagian wilayah Kota Bekasi dan Depok.

METODE

Metode perhitungan imbuhan air tanah dengan formulasi seperti tertera pada persamaan 2 dan 3 membutuhkan input data berupa curah hujan, kepadatan penduduk, dan tata guna lahan. Berikut ini penjelasan mengenai proses pengumpulan data dan analisisnya.

Curah Hujan Spasial

Dengan keterbatasan data pos hujan baik secara spasial maupun temporal, maka dalam penelitian ini dimanfaatkan data curah hujan yang diperoleh dari *Climate Hazards Group Infra Red Precipitation with Station Data (CHIRPS)* selama kurun waktu 23 tahun, yaitu 1991 – 2014. Data

tersebut diolah menjadi data curah hujan spasial untuk seluruh area CAT Jakarta dengan ukuran grid 0.05 derajat. Jika dihitung curah hujan rata – rata wilayahnya (*area average rainfall*) seperti pada Gambar 5, tidak menunjukkan adanya indikasi penurunan nilai curah hujan, tetapi lebih cenderung berfluktuasi setiap tahunnya.

Kepadatan Penduduk

Data kepadatan penduduk diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) dari tahun 1991 – 2014 untuk 11 wilayah kota dan kabupaten yang berada dalam lingkup wilayah CAT Jakarta, yaitu Kota Jakarta Selatan, Jakarta Pusat, Jakarta Timur, Jakarta Barat, Jakarta Utara, Kab. Bogor, Kab. Bekasi, Kota Bekasi, Kota Depok, Kab. Tangerang, dan Kota Tangerang. Data kepadatan penduduk digunakan untuk mengestimasi nilai persentase permukaan kedap (f_{impv}). Sebelum menentukan parameter f_{impv} , terlebih dahulu dilakukan koreksi untuk setiap kabupaten/ kota administrasi yang memiliki aktivitas industri dan komersial yang lebih intensif berdasarkan jumlah kepadatan penduduknya. Koreksi dilakukan dengan menambahkan nilai kepadatan penduduk yang dikategorikan menjadi 2 kelas sebagai berikut.

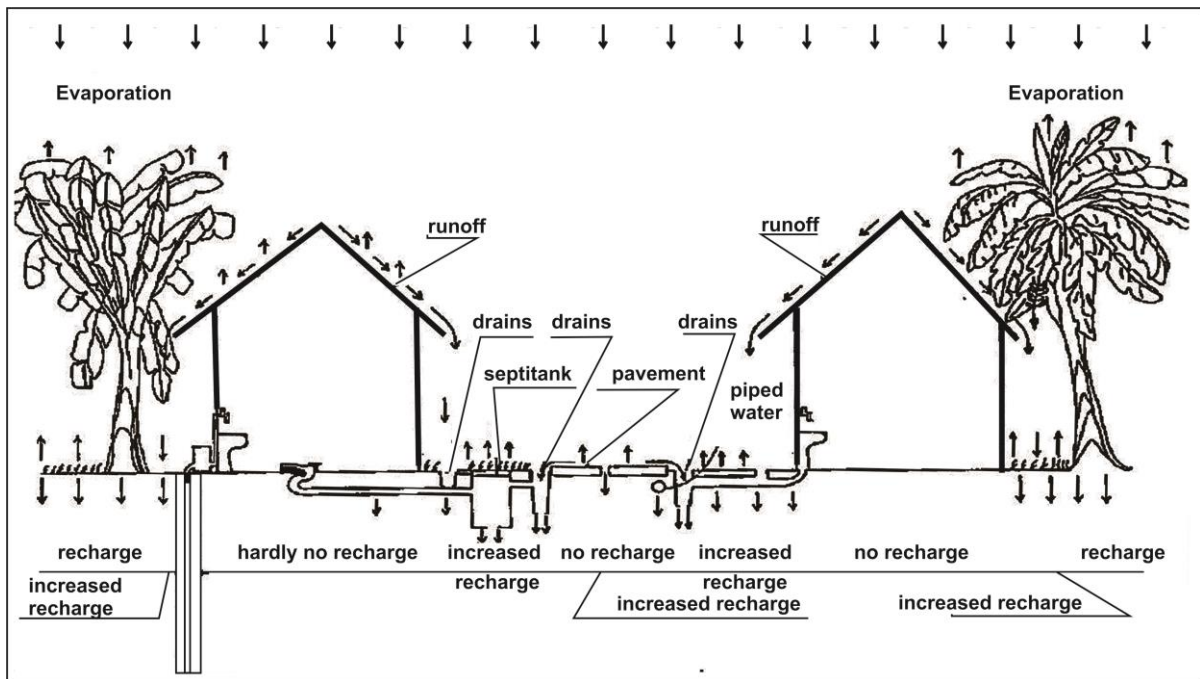
- Sedang = kepadatan dikoreksi dengan menambahkan 50 jiwa/ha
- Tinggi = kepadatan dikoreksi dengan menambahkan 100 jiwa/ha

Dengan mempertimbangkan aktivitas industri dan komersialnya, maka koreksi kepadatan penduduk di wilayah DKI Jakarta ditentukan seperti tercantum pada Tabel 1.

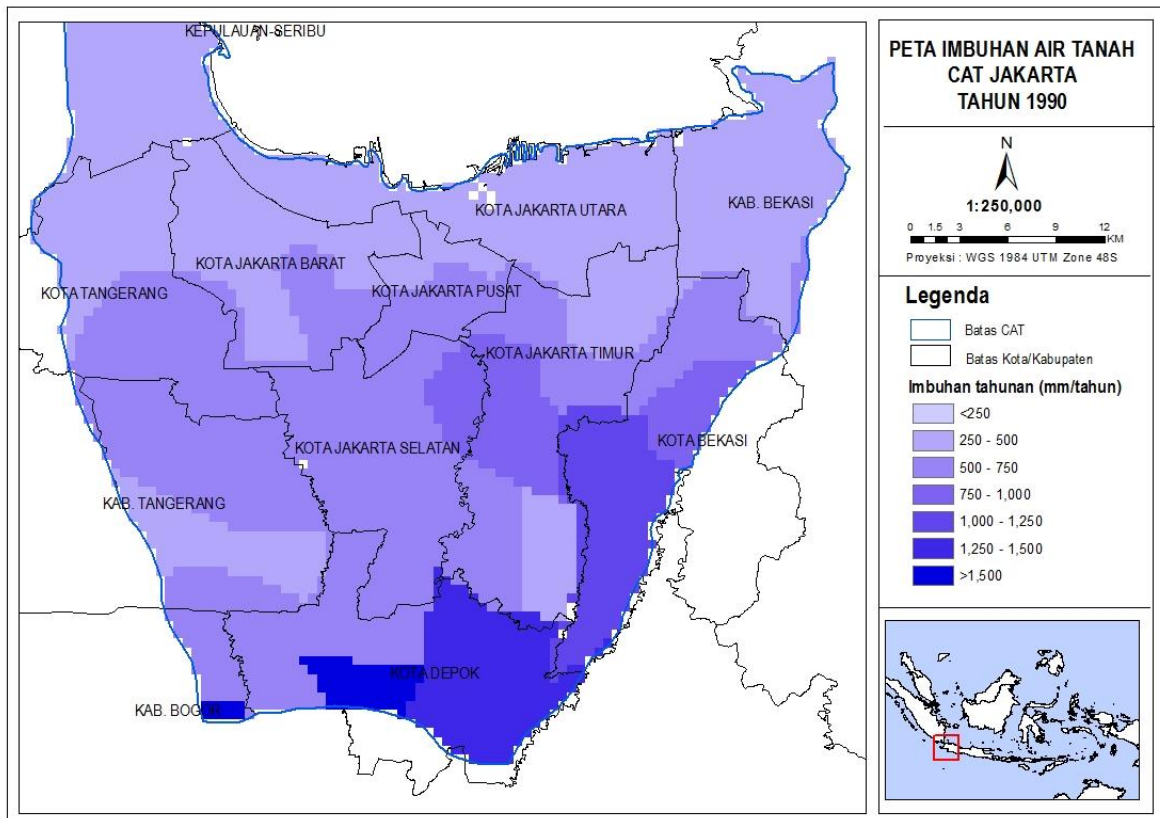
Tabel 1. Koreksi kepadatan penduduk wilayah DKI Jakarta.

Kabupaten/ Kota Administrasi	Kategori Koreksi
Jakarta Selatan	sedang
Jakarta Pusat	tinggi
Jakarta Timur	tinggi
Jakarta Barat	sedang
Jakarta Utara	tinggi

Tidak tersedianya data pengukuran lapangan Tidak tersedianya data pengukuran lapangan mengenai permukaan kedap, menyebabkan nilai persentase permukaan kedap (f_{impv}) perlu diestimasi. Dalam studi JWRMS,



Gambar 3. Mekanisme imbuhan yang terjadi pada kondisi aktual di kota besar
(Sumber: DGWR, 1994).



Gambar 4. Peta imbuhan air tanah tahun 1990
(Sumber: DGWR, 1994).

estimasi nilai parameter tersebut ditentukan melalui hubungan kepadatan penduduk dengan persentase permukaan kedap seperti tercantum pada Tabel 2. Semakin padat penduduk, maka semakin besar kemungkinan bahwa area tersebut berupa area pemukiman padat atau area terbangun, sehingga dapat dikategorikan sebagai area kedap. Dalam Tabel 2 dapat diketahui pula bahwa semakin padat penduduk di suatu area maka persentase permukaan kedap akan semakin tinggi. Parameter f_{impv} dihitung secara series dari tahun 1991 – 2014. Contoh hasil perhitungan secara spasial untuk tahun 2014 dapat dilihat pada Gambar 6.

Tabel 2. Estimasi persentase permukaan kedap berdasarkan kepadatan penduduk (DGWR, 1994).

Kepadatan Penduduk (Jiwa/ha)	f_{impv}	
< 50	10%	0,1
50 - 100	25%	0,25
100 - 150	40%	0,4
150 - 200	50%	0,5
200 - 250	57%	0,57
250 - 300	65%	0,65
300 - 350	70%	0,7
350 - 400	75%	0,75
400 - 500	80%	0,8
>500	85%	0,85

Tata Guna Lahan

Peta tata guna lahan digunakan untuk mengestimasi persentase limpasan permukaan (K_{dsro}) dan persentase infiltrasi (K_{impv}). Sumber peta tata guna lahan diperoleh dari Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) untuk tahun 1995 dan 2002 serta Badan Informasi Geospasial (BIG) untuk tahun 2009 dan 2014. Keempat peta tersebut digunakan dalam perhitungan *series* imbuhan air tanah tahun 1991 – 2014. Klasifikasi peta BIG berbeda dengan BPPT, peta BIG terdiri dari 19 kelas lebih detail sedangkan peta BPPT hanya terdiri dari 5 kelas. Agar dapat menganalisis perubahannya, maka peta dari BIG direklasifikasi sesuai dengan klasifikasi peta dari BPPT (Tabel 3).

Tabel 3. Perubahan persentase tata guna lahan wilayah DKI Jakarta.

No	Nama Kelas	Persentase Luas (%)			
		1995	2002	2009	2014
1	Industri	4,25%	8,57%	4,12%	4,96%
2	Jasa Perdagangan	1,29%	11,01%	8,86%	11,44%
3	Perumahan	61,62%	57,45%	66,36%	67,17%
4	Tanah Basah/ Badan Air	8,96%	3,93%	3,31%	3,13%
5	Tanah Pertanian/ RTH	23,88%	19,04%	17,36%	13,30%

Perubahan yang terjadi cukup signifikan, salah satunya jasa perdagangan yang pada tahun 1995 luasnya hanya 1,29% meningkat menjadi 11,44% pada tahun 2014 (Tabel 3). Pemukiman atau perumahan juga terus mengalami peningkatan dari 61,62% pada tahun 1995 menjadi 67,17% pada tahun 2014. Sebaliknya, luas Ruang Terbuka Hijau (RTH) mengalami penurunan dari 23,88% pada tahun 1995 menjadi 13,30% pada tahun 2014. Telah terjadi alih fungsi lahan dari RTH menjadi lahan pemukiman dan jasa perdagangan. Peta tata guna lahan tersebut kemudian direklasifikasi menjadi area kedap dan tidak kedap (Tabel 4). Peta tersebut kemudian digunakan untuk mengestimasi persentase limpasan permukaan dari tanah yang tidak kedap (k_{dsro}) dan persentase infiltrasi dari permukaan kedap (k_{impv}).

Tabel 4. Klasifikasi area kedap dan tidak kedap berdasarkan peta tata guna lahan.

No	Tata Guna Lahan	Kelas Baru
1	Industri	Kedap
2	Jasa perdagangan	Kedap
3	Perumahan	Kedap
4	Tanah basah/ badan air	Kedap
5	Tanah pertanian/ RTH	Tidak kedap

Nilai persentase limpasan permukaan dari tanah yang tidak kedap (k_{dsro}) yang ditetapkan dalam JWRMS adalah untuk area kedap dianggap nol, sedangkan untuk area tidak kedap diberi nilai 0,1 artinya nilai parameter k_{dsro} adalah 10% dari curah hujan. Nilai ini setara dengan limpasan permukaan



Gambar 5. Curah hujan rata – rata wilayah CAT Jakarta.

pada padang rumput yang landai dan tanah pasiran seperti yang digunakan dalam metode rasional untuk menghitung debit puncak pada sistem drainase (Hydrology, 1993 dalam DGWR, 1994).

Parameter lainnya yang juga diestimasi oleh tata guna lahan adalah persentase infiltrasi dari permukaan kedap (k_{impv}). Persentase infiltrasi dari *runoff* di permukaan kedap (k_{impv}) terdiri dari 4 kelas seperti tercantum pada Tabel 5. Semakin besar kelas infiltrasi, semakin besar persentase *runoff* yang berinfiltrasi. Dengan mempertimbangkan kondisi drainase Jakarta dan sekitarnya saat ini, maka kelas infiltrasi yang dianggap cocok untuk kondisi Jakarta adalah kelas 1 dengan persentase *runoff* yang berinfiltrasi hanya 20% atau 0,2.

Tabel 5. Persentase infiltrasi

Kelas infiltrasi sistem drainase	Persentase runoff yang berinfiltrasi
1	20%
2	25%
3	30%
4	40%

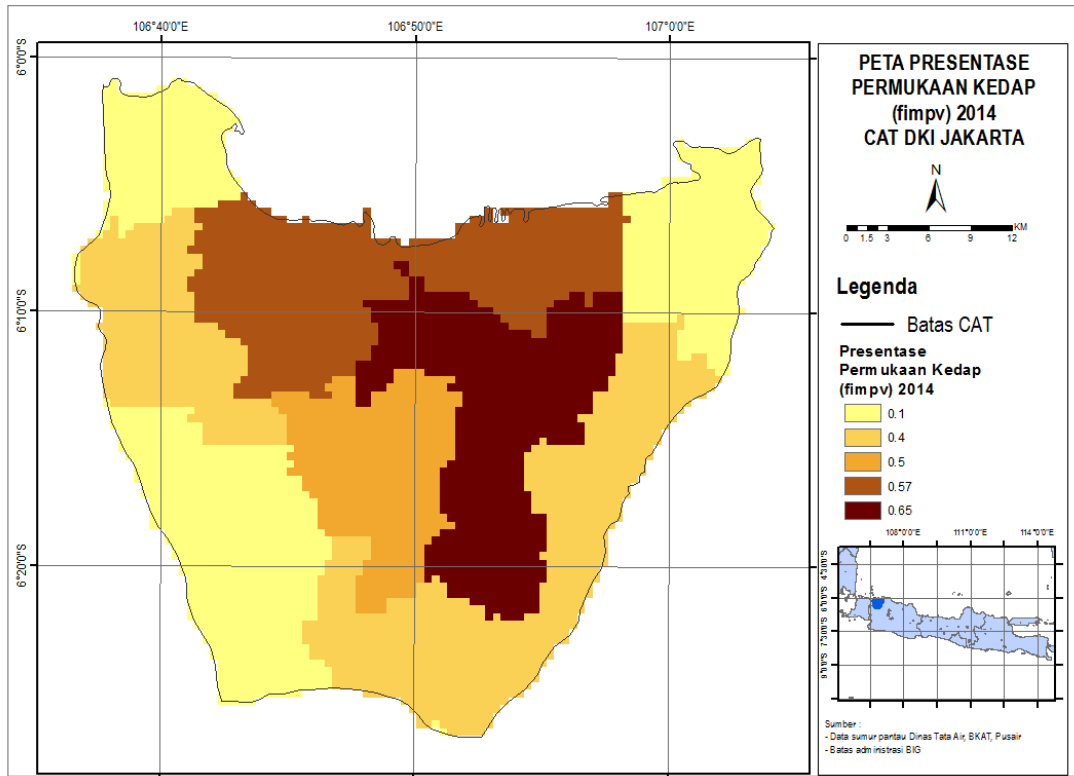
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan imbuhan air tanah dengan dua persamaan masing – masing untuk area kedap dan tidak kedap dilakukan dengan bantuan *toolbox raster calculator* dalam *ArcGIS*. Perhitungan dilakukan tiap tahun dari tahun 1991 – 2014 sesuai dengan input data yang telah disiapkan, sehingga dihasilkan output berupa peta spasial imbuhan air tanah setiap tahun dengan satuan mm/tahun. Salah

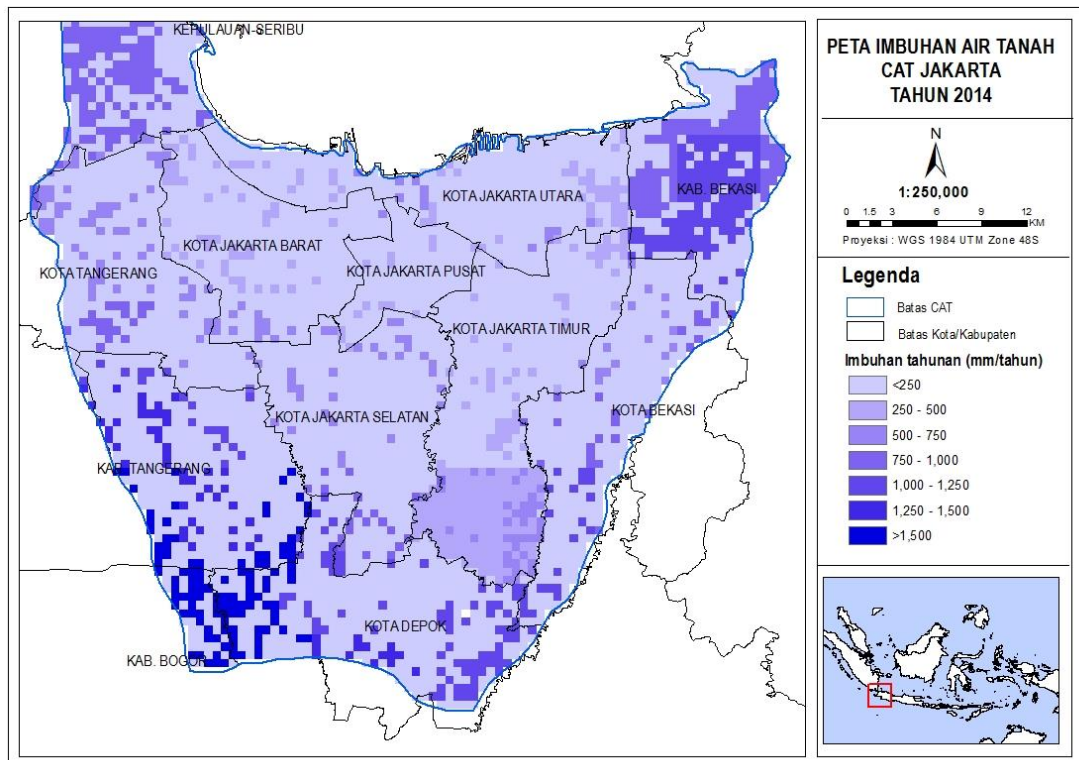
satu contoh hasil perhitungan peta imbuhan spasial tahun terakhir yaitu 2014 ditampilkan pada Gambar 7. Dalam peta tersebut dapat dilihat bahwa umumnya nilai imbuhan di CAT Jakarta kurang dari 250 mm/tahun. Terdapat beberapa wilayah dengan nilai imbuhan yang masih potensial (1000 – 1500 mm/tahun), tetapi hanya sebagian kecil area saja seperti di wilayah Kab. Tangerang, Kab. Bekasi, Kab. Bogor, dan Kota Depok (Gambar 7).

Hasil perhitungan imbuhan selama kurun waktu 23 tahun dituangkan dalam bentuk grafik imbuhan rata – rata wilayah seperti ditampilkan pada Gambar 8. Dalam grafik tersebut dapat dilihat bahwa tidak ada indikasi penurunan pada nilai curah hujan (biru), sementara imbuhan cenderung mengalami penurunan (merah). Hal tersebut ditunjukkan dengan garis tren penurunan imbuhan (warna oranye) pada grafik Gambar 8.

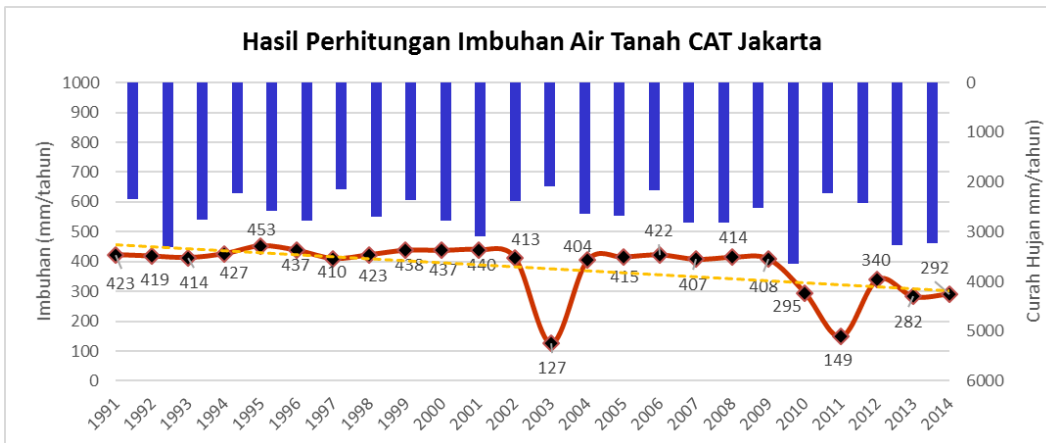
Selain jumlah imbuhan, dihitung pula persentase imbuhan air tanah terhadap curah hujan setiap tahun seperti terlihat pada Gambar 9. Nilai persentase imbuhan berkisar antara 4 – 20% dan kisaran imbuhan air tanah di CAT Jakarta umumnya adalah 15% dari nilai curah hujan yang jatuh. Menurut Lubis dan Bakti (2015), air tanah Jakarta hanya sedikit saja yang berasal dari daerah Puncak dan sekitarnya, lebih banyak dipasok oleh cekungan air tanah itu sendiri, terutama daerah imbuhan yang memanjang dari Depok, di sebelah timur, sampai Tangerang Selatan di sebelah barat. Oleh karena itu harus lebih teliti dalam menentukan daerah imbuhan yang tepat, karena mencakup daerah imbuhan air yang lebih luas.



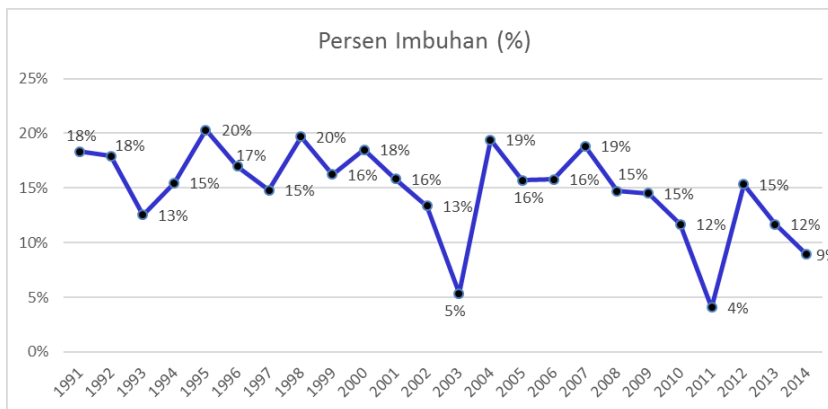
Gambar 6. Contoh hasil perhitungan persentase permukaan kedap (f_{impv}) tahun 2014



Gambar 7. Peta imbuan air tanah tahun 2014



Gambar 8. Grafik hasil perhitungan imbuan air tanah CAT Jakarta



Gambar 9. Persentase imbuan air tanah terhadap curah hujan di CAT Jakarta

Dari sekian banyak metode perhitungan imbuan air tanah, masing – masing memiliki keunggulan dalam mengestimasi nilai imbuan yang masuk ke dalam tanah. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dapat mempertimbangkan pengaruh tata guna lahan, sehingga sangat cocok diterapkan pada wilayah yang sudah banyak mengalami perubahan tata guna lahan, seperti DKI Jakarta. Akan tetapi, kekurangannya belum mempertimbangkan faktor jenis tanah dan jenis litologi batuan. Sehingga penelitian selanjutnya diharapkan dapat dibangun suatu metode yang dapat mengkombinasikan seluruh faktor tersebut.

KESIMPULAN

Perhitungan kapasitas imbuan air tanah dengan metode neraca air untuk daerah urban ini dapat diterapkan dalam mengestimasi nilai imbuan secara spasial di wilayah CAT Jakarta. Metode ini menekankan pada pengaruh tata guna lahan dan drainase perkotaan terhadap kemampuan imbuan air tanah yang terjadi. Hasil perhitungan imbuan air tanah CAT Jakarta 2 dekade terakhir

menunjukkan bahwa nilai imbuan saat ini umumnya kurang dari 250 mm/tahun. Nilai imbuan tahunan rata-rata di CAT Jakarta pada area seluas 1439 km² adalah sekitar 15% dari rata-rata curah hujan tahunan. Perhitungan imbuan air tanah di area lain yang berbeda karakteristik lokasi, seperti telah dilakukan di wilayah Kabupaten Sleman oleh Indera Jati (2016) dengan metode *Water Balance* adalah 45 % dari rata-rata curah hujan. Contoh lainnya di wilayah Amerika Serikat, besaran imbuan di wilayah irigasi sebesar 40% dari curah hujan (McMahon *et al.*, 2011). Hal ini dapat dibandingkan bahwa area kota besar seperti Jakarta sudah menjadi area pemukiman, area padat atau area terbangun, sehingga dapat dikategorikan sebagai area kedap, sedangkan wilayah kabupaten Sleman masih mempunyai Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang cukup luas. Oleh karena itu perhitungan imbuan perlu dilakukan pada berbagai periode untuk mengetahui kondisi alami sebuah akuifer. Hal ini berguna untuk memperoleh sebuah keseimbangan

baru dengan memperbesar imbuhan dan memperkecil debit pengambilan.

Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk bahan menyusun kebijakan dan regulasi pemerintah dalam mencegah penambahan area terbangun dan mendukung keberadaan area terbuka hijau, demi menyelamatkan pelestarian air tanah di masa mendatang. Pemilihan metoda perhitungan imbuhan yang tepat sangat penting dan hal ini akan berkaitan dengan ketersediaan data yang ada. Secara khusus metoda ini sangat berguna jika tersedia lebih banyak data yang andal dan dapat dikembangkan lagi dengan menambah perhitungan yang dapat mengestimasi pengaruh jenis tanah dan litologinya. Selain itu untuk memperoleh nilai imbuhan dengan tingkat kepercayaan yang lebih tinggi lagi, akan lebih baik jika menggunakan data curah hujan (*ground stations*) meskipun kita ketahui ketersediaan data seringkali tidak lengkap dan tidak panjang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Karya tulis ilmiah ini merupakan bagian dari hasil kegiatan Dukungan Pengembangan Kawasan Terpadu Pesisir Ibu Kota Negara atau *National Capital Integrated Coastal Development (NCICD)*. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Puslitbang SDA, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yang telah memberikan kesempatan kepada kami untuk dapat melaksanakan penelitian terkait imbuhan air tanah Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Delinom, R.M dan M. Taniguchi. 2015. Ancaman Bawah Permukaan Jakarta Tak Terlihat, Tak Terpikirkan, dan Tak Terduga. LIPI Press.
- Directorate General Water Resources. 1994. Jabotabek Water Resources Management Study. Final Report, Volume 6. Directorate General of Water Resources Development, Ministry of Public Works.
- Igboekwe, M.U and A. Ruth. 2011. Groundwater Recharge through Infiltration Process: A Case Study of Umudike, Southeastern Nigeria. *Journal of Water Resource and Protection*, 3, 295-299 DOI: 10.4236/jwarp.2011.35037.
- Indera Jati, M.A. 2016. Pemetaan Dan Perhitungan Recharge Air Tanah

Berdasarkan Data Curah Hujan Di Kabupaten Sleman. Skripsi Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.

- Kooy, M. E. 2008. Relations of Power, Network of Water: Governing Urban Waters, Spaces, and Populations in (Post) Colonial Jakarta. A Thesis of Doctoral Program in The University of British Columbia (Vancouver).
- Lubis, R.F. dan Bakti, H. 2015. Daerah Imbuhan Air Tanah Jakarta. Dalam Delinom R. (editor), Ancaman Bawah Permukaan Tak Terlihat, Tak Terpikirkan, dan Tak Terduga. LIPI Press. Jakarta.
- McMahon, P. B., L. N. Plummer, J. K. Böhlke, S. D. Shapiro, and S. R. Hinkle, 2011. A comparison of recharge rates in aquifers of the United States based on groundwater-age data. *Hydrogeology Journal*, 19, 779–800. DOI: 10.1007/s10040-011-0722-5.
- Scanlon, B. R., R.W. Healy, and P.G. Cook. 2002. Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge. *Hydrogeology Journal*, 10(1), 18-39.
- Siebert, S., J. Burke, J. M. Faures, K. Frenken, J. Hoogeveen, P. D'oll, and F. T. Portmann. 2010. Groundwater Use for Irrigation – a Global Inventory. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 14, 1863–1880.
- Simmers, I. 1987. Estimation of Natural Groundwater Recharge. Institute of Earth Sciences, Free University, Amsterdam, Netherlands.
- Soefner, B., M. Hobler, and G. Schmidt. 1986. Jakarta Groundwater Study. Final Report. Hannover & Bandung, Federal Institute of Geosciences & Directorate of Environmental Geology.
- Yongxin, X. and H. E. Beekman. 2003. Groundwater recharge estimation in Southern Africa. UNESCO IHP Series No. 64, UNESCO Paris. ISBN 92-9220-000-.