

Potensi Air Tanah Pada Cekungan Air Tanah Serang - Tangerang Berdasarkan Metode Neraca Air Tanah

Groundwater Potential in the Serang - Tangerang Groundwater Basin Based on the Groundwater Balance Method

Haryadi Tirtomihardjo¹, Taat Setiawan², dan Aminuddin³

¹Pusat Riset Limnologi dan Sumber Daya Air, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

Jl. Cisitua Lama Jl. Sangkuriang, Dago, Kecamatan Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat 40135 - Indonesia

²Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

Jl. Diponegoro No.57, Cihaur Geulis, Kec. Cibeunying Kaler, Kota Bandung, Jawa Barat 40122 - Indonesia

³Pusat Riset Sumber Daya Geologi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

Jl. Cisitua Lama Jl. Sangkuriang, Dago, Kecamatan Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat 40135 - Indonesia

e-mail:haryadi.tirtomihardjo@gmail.com

Naskah diterima 20 September 2023, selesai direvisi 20 April 2024, dan disetujui 25 April 2024

ABSTRAK

Penggunaan air tanah dalam suatu daerah, wilayah, atau cekungan air tanah (CAT) perlu mempertimbangkan pelbagai aspek, terutama aspek teknis yang terkait dengan keberadaan dan potensi ketersediaan air tanah yang ada dalam satuan wilayah tersebut. Keberadaan air tanah menjelaskan tempat air tanah disimpan dan dialirkan dalam suatu wadah yang disebut sistem akuifer yang meliputi dimensi wadah dan sifat hidrauliknya; sementara, potensi ketersediaan air tanah mencakup kuantitas dan kualitas air tanah dalam wadah tersebut. Agar penggunaan air tanah dapat dilakukan secara berkelanjutan, keseimbangan antara potensi ketersediaan air tanah dan jumlah penggunaan air tanah perlu dijaga dalam suatu batas yang aman, artinya penggunaan air tanah tidak menimbulkan dampak negatif baik terhadap kondisi maupun lingkungan air tanah. Keseimbangan antara keduanya yang diketahui melalui penghitungan neraca air tanah memberikan gambaran keseluruhan komponen air tanah yang masuk kedalam dan komponen air tanah yang keluar dari suatu sistem akuifer. Hasil penghitungan neraca air tanah CAT Serang-Tangerang menunjukkan debit air tanah bebas yang telah dimanfaatkan pada periode 2020-2021 sekitar 60% dari debit imbuhan, sementara pemanfaatan air tanah tertekan selama dua periode tersebut lebih besar dari debit alirannya.

Kata kunci: cekungan air tanah, neraca air tanah, penggunaan air tanah, potensi ketersediaan air tanah

ABSTRACT

Groundwater in an area, region or groundwater basin (GB) needs to consider various aspects, especially technical aspects related to the existence and potential availability of groundwater in that unit area. The existence of groundwater describes where groundwater is stored and distributed in an aquifer system, including the dimensions of the aquifer system and its hydraulic properties; meanwhile, groundwater availability includes the quantity and quality of groundwater in the aquifer system. For the use of groundwater to be carried out sustainably, the balance between groundwater availability and groundwater use needs to be maintained within a safe limit, meaning that the use of groundwater does not hurt either the condition or the environment of groundwater. The balance between the two which is known through the calculation of the groundwater balance provides an overall picture of the components of groundwater that enters and the component of groundwater that exits an aquifer system. The calculation results for the Serang-Tangerang GB groundwater balance show that the discharge of free groundwater utilized in the 2020-2021 period is around 60% of the recharge discharge, so it is in the category between safe and critical. Meanwhile, the use of groundwater in confined aquifer systems during these two periods was greater than the flow rate so it was included in the damaged category

Keywords: groundwater basin, groundwater balance, groundwater use, groundwater availability

PENDAHULUAN

Air tanah hingga saat ini masih menjadi primadona sebagai sumber air untuk berbagai keperluan, bahkan terus mengalami peningkatan, baik untuk sektor domestik, industri, maupun pertanian (Gleeson drr. 2015; Wada drr. 2010; Gracia de Renteria drr. 2020; dan Dalin drr. 2019). Air tanah sebagai komponen sumber daya alam yang terbarukan (*renewable natural resources*) perlu diupayakan secara terus-menerus agar keberlanjutan keberadaan air tanah (*sustainable groundwater resource*) dan pemanfaatannya (*sustainable groundwater development*) tetap terjaga melalui kerangka pengelolaan sumber daya air, terutama dalam hal pemanfaatan yang saling menunjang antara air permukaan dan air tanah (*conjunctive use of surface water and groundwater*). Undang-Undang No. 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air menyebutkan bahwa Pengelolaan Sumber Daya Air didasarkan pada Wilayah Sungai (WS) dengan mempertimbangkan keterkaitan penggunaan air permukaan dan air tanah, dan dengan mengutamakan pendayagunaan air permukaan (Republik Indonesia, 2019). Pada Ayat (3) Pasal 22 itu disebutkan bahwa air tanah yang dimaksud adalah air tanah pada Cekungan Air Tanah (CAT) yang terdapat pada WS yang bersangkutan. Sesuai dengan pembagian kewenangannya, Pemerintah melaksanakan pengelolaan air tanah pada CAT yang berada pada WS strategis, WS lintas provinsi, dan WS lintas negara. Sementara, pengelolaan air tanah pada CAT yang berada pada WS lintas kabupaten/kota menjadi kewenangan pemerintah provinsi, dan pengelolaan air tanah pada CAT yang berada pada WS dalam kabupaten/kota menjadi kewenangan pemerintah kabupaten/kota.

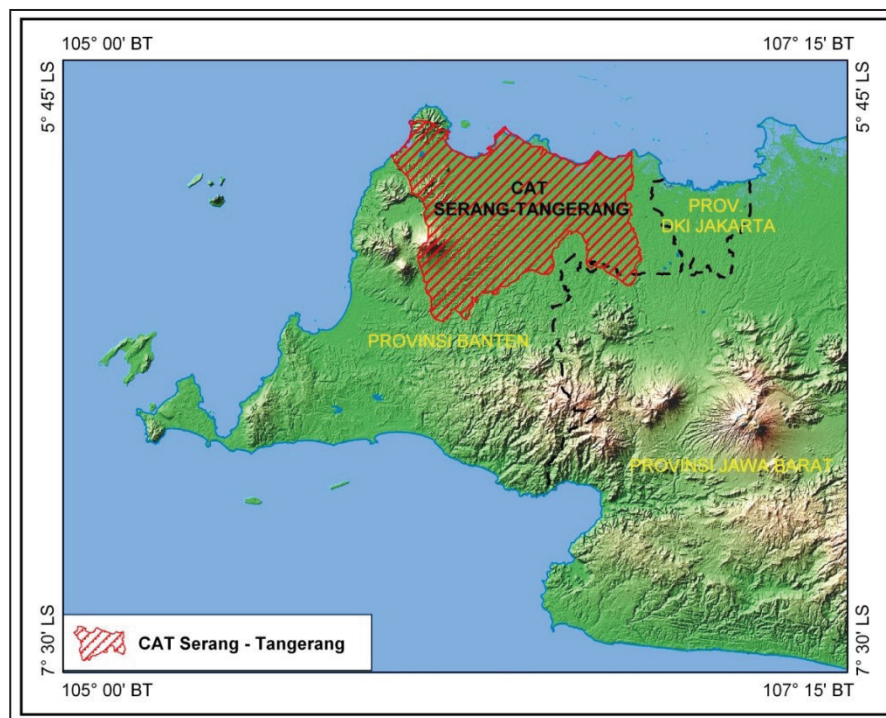
Sehubungan dengan hal tersebut di atas, salah satu upaya teknis dalam pengelolaan air tanah CAT Serang-Tangerang yang merupakan CAT lintas Prov. Banten (Kab. Serang, Kab. Tangerang, Kota Tangerang, Kota Cilegon, Kota Serang, Kab. Lebak, dan Kab. Pandeglang) dan Prov. Jawa Barat (Kab. Bogor) dengan luas mencapai 2.822 Km² (Menteri ESDM RI, 2017)

perlu dilakukan melalui identifikasi neraca air tanah. Tujuannya untuk memperoleh informasi tentang perimbangan antara komponen air tanah yang masuk ke dalam CAT Serang-Tangerang dan komponen yang keluar dari CAT Serang-Tangerang (Gambar 1). CAT Serang-Tangerang tersebut berada dalam dua WS lintas provinsi, yakni WS Ciliwung-Cisadane yang merupakan WS lintas Prov. DKI Jakarta, Prov. Jawa Barat, dan Prov. Banten, dan WS Cidanau-Ciujung-Cidurian yang merupakan WS lintas Prov. Jawa Barat dan Prov. Banten. Dengan demikian, wewenang pengelolaan air tanah CAT Serang-Tangerang secara utuh berada pada Pemerintah.

Makalah ini menyajikan uraian tentang hasil identifikasi neraca air tanah CAT Serang-Tangerang yang mencakup komponen air tanah yang masuk ke dalam CAT Serang-Tangerang dan komponen yang keluar dari cekungan air tanah tersebut. Makalah terkait perhitungan neraca air sudah banyak dilakukan yang secara umum membahas permasalahan air permukaan seperti yang dilakukan oleh Taufik drr. (2019), Ariyanto (2021), dan Chaerunnisa drr. (2021), sedangkan yang membahas neraca air tanah berbasis Cekungan Air Tanah (CAT) relatif sedikit seperti yang dilakukan oleh Hendrayana drr. (2020). Berdasarkan atas hal tersebut maka penulis ingin menyampaikan keragaman pembahasan neraca air yang spesifik membahas neraca air yang berguna sebagai masukan dalam pengambilan kebijakan pengelolaan air tanah yang berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Makalah ini disusun melalui serangkaian tahapan yang mencakup pengumpulan, evaluasi dan analisis data, serta analisis/penghitungan neraca air tanah yang mencakup komponen masukan dan komponen keluaran kedalam/keluar CAT Serang-Tangerang. Dalam hal jumlah masukan sama besarnya dengan keluaran, neraca air tanah berada dalam keadaan seimbang walaupun daya simpan air tanah juga perlu diperhitungkan.



Gambar 1. Peta lokasi kegiatan identifikasi neraca air tanah pada CAT Serang-Tangerang.

Identifikasi neraca air tanah dilakukan melalui analisis data hidroklimatologi yang mencakup analisis curah hujan areal (P), evapotranspirasi (ET), dan limpasan permukaan (R), serta penghitungan neraca air tanah dengan persamaan Dune & Leopold, 1978 (dalam Binnie and Partners, 1984) sebagai berikut.

$$P = R + E_{at} + U \pm dS_m \pm dS_g \dots\dots\dots 1)$$

Notasi P adalah curah hujan tahunan rata-rata (mm), R adalah limpasan permukaan atau *surface runoff* (mm), E_{at} adalah evapotranspirasi nyata (mm), U adalah perkolasi (mm), dS_m adalah perubahan cadangan kelengasan tanah (mm), dan dS_g adalah perubahan cadangan air tanah (mm).

Dalam suatu CAT/daerah/wilayah yang telah diketahui model konseptual sistem akuifernya (Gambar 2), persamaan neraca air tanah dapat ditulis sebagai berikut (Haryadi, drr., 1984).

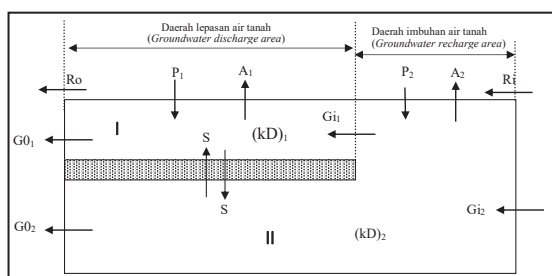
Masukan = Keluaran $\pm$ Perubahan Cadangan

Persamaan 1 di atas menunjukkan bahwa perubahan cadangan air tanah untuk kurun waktu satu tahun adalah nol.

$$(P_1 + P_2) + (R_i - R_o) + G_{i_2} - (A_1 + A_2) - (G_{o_1} + G_{o_2}) = 0 \dots\dots\dots 2)$$

Notasi P_1 = curah hujan efektif ($P-ET$) pada Sistem I, P_2 = curah hujan efektif pada Sistem II, R_i = limpasan permukaan yang masuk ke dalam sistem, R_o = limpasan permukaan yang keluar dari sistem, A_1 = pengambilan air tanah pada Sistem I, A_2 = pengambilan air tanah pada Sistem II, G_{i_1} = aliran air tanah masuk ke dalam Sistem I, G_{i_2} = aliran air tanah masuk ke dalam Sistem II, G_{o_1} = aliran air tanah keluar dari Sistem I, G_{o_2} = aliran air tanah ke luar dari Sistem II, S = aliran air bocoran ke dalam Sistem I dari Sistem II atau sebaliknya, P = total curah hujan efektif pada seluruh sistem ($P_1 + P_2$), A = total pengambilan air tanah pada seluruh system ($A_1 + A_2$), $(kD)_1$ = koefisien keterusan pada Sistem I, $(kD)_2$ = koefisien keterusan pada Sistem II.

Perhitungan komponen masukan meliputi perhitungan imbuhan air tanah (*groundwater recharge*) dan debit aliran air tanah masuk ke dalam sistem akuifer (*groundwater inflow*). Penghitungan imbuhan air tanah diperlukan untuk mengetahui jumlah imbuhan pada sistem



Gambar 2. Model konseptual sistem akuifer dan penghitungan neraca air tanah (Haryadi, dr., 1984).

akuifer di suatu cekungan air tanah. Metode yang diterapkan untuk menentukan jumlah imbuhan air tanah adalah persentase curah hujan/*precipitation percentage* (Binnie and Partners, 1984) sebagai berikut.

$$RC = RF \times A \times RC \% \dots\dots\dots 3)$$

Notasi RC= imbuhan air tanah (m³/tahun), RF= curah hujan rata-rata (m/tahun), A= luas singkapan akuifer/*aquifer outcrop area* (m²), RC % = angka persentase imbuhan (%).

Debit aliran air tanah yang masuk ke dalam suatu cekungan air tanah atau suatu wilayah dan yang ke luar dari cekungan atau wilayah tersebut (*groundwater outflow*) dapat dihitung dengan persamaan Darcy sebagai berikut (Todd dan Mays, 2005).

$$Q = k D \frac{h_n - h_{n-1}}{L} l \dots\dots\dots (4)$$

Penghitungan debit aliran air tanah dilakukan pada setiap segmen pada jejaring aliran air tanah/*flow-net* (Gambar 3) dengan luasan akuifer tertentu (*cross-sectional area*). Jumlah debit aliran dari segmen-segmen tersebut merupakan total debit aliran air tanah yang masuk kedalam cekungan air tanah. Dalam contoh pada gambar tersebut, $Q=q_1+q_2$.

Penghitungan komponen keluaran meliputi debit aliran air tanah yang keluar dari cekungan, jumlah pengambilan air tanah (Qabs) pada sistem akuifer tidak tertekan, dan Qabs pada sistem akuifer tertekan. Pengambilan air tanah (Qabs) pada sistem akuifer tidak tertekan dihitung berdasarkan jumlah penduduk yang memanfaatkan air tanah bebas dari sumur gali dan sumur pantek dengan mengacu kepada standar kebutuhan air untuk rumah tangga (Tabel 2) yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum, 1996. Sementara itu, Qabs pada sistem akuifer tertekan diperoleh berdasarkan data laporan Qabs pada sumur bor produksi air tanah yang berizin, baik untuk keperluan industri, air minum, maupun keperluan lainnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

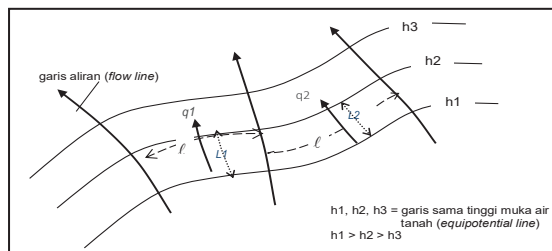
Komponen air tanah yang masuk pada suatu sistem akuifer adalah debit imbuhan air tanah (Q1), yang dipengaruhi oleh gravitasi dan sifat hidrolika lapisan batuan (Simmers, 1987). Debit imbuhan

Tabel 1. Persentase imbuhan air tanah di Jawa (Binnie & Partners, 1984)

Tipe Akuifer	Lokasi	Curah Hujan [mm/thn]	Imbuhan [%]
Volkanik Resen	Jawa	2206	30
	Jawa Barat	2500	50
	Jawa Tengah	3500	50
	Jawa Tengah	2500	36
Sedimen Volkanik Campuran	Jawa Tengah	2400	11
	Jawa Timur	1997	27
	Jawa Tengah	3500	33
Volkanik Tua	Jawa	3100	14
Sedimen Tersier (napal & lempung)	Jawa	3400	7
Batupasir	Sabah	3098	15
Batugamping			20 – 30

Tabel 2. Penggunaan air bersih untuk rumah tangga menurut kategori jumlah penduduk (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 1996)

Kategori	Kota	Jumlah Penduduk [Jiwa]	Kebutuhan Air Bersih [Liter/orang/hari]
I	Metropolitan	> 1.000.000	190
II	Besar	500.000 – 1.000.000	170
III	Sedang	100.000 – 500.000	150
IV	Kecil	20.000 – 100.000	130
V	Kecamatan	3.000 – 20.000	100



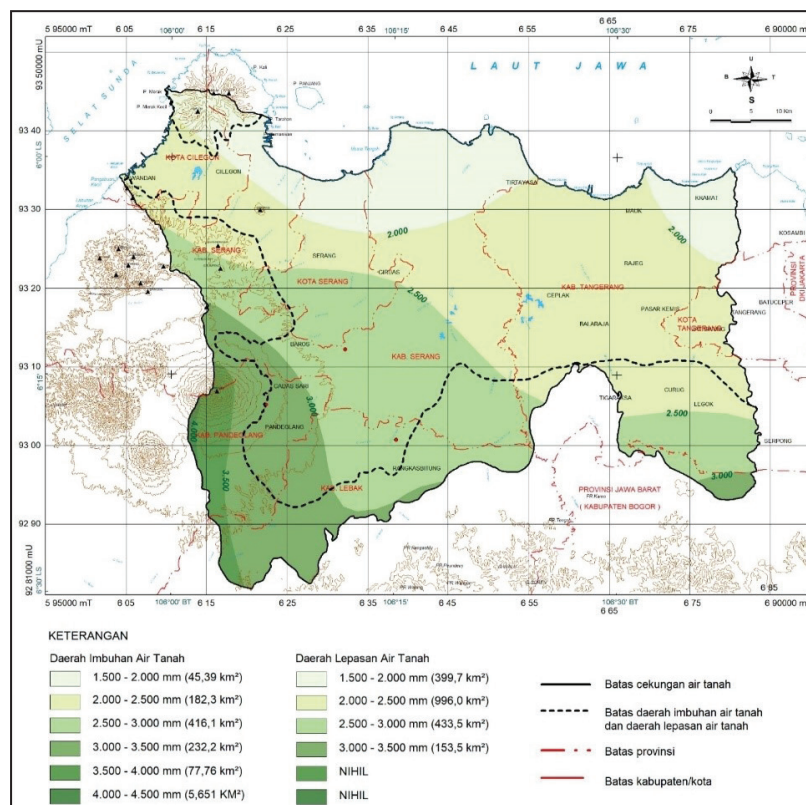
Gambar 3. Jejaring aliran air tanah/flow-net (Haryadi, 2004).

air tanah (Q1) dihitung berdasarkan atas data dan informasi curah hujan dan sifat fisik batuan.

Informasi curah hujan secara areal diperoleh dari Atlas Curah Hujan P. Jawa yang diterbitkan

oleh Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) pada 2005. Informasi curah hujan tersebut digunakan untuk menghitung debit imbuan air tanah secara semikuantitatif. Tinggi rendahnya intensitas curah hujan akan menentukan tercapai atau tidaknya keseimbangan kondisi air tanah (Igboekwe dan Ruth, 2011). Berdasarkan atlas curah hujan tersebut dapat dirinci distribusi curah hujan CAT Serang-Tangerang yang mencakup distrubusinya di daerah imbuan air tanah (DIAT) dan daerah lepasan air tanah (DLAT) seperti disajikan pada (Gambar 4) dan Tabel 3.

Sifat fisik batuan diketahui dari jenis dan macam batuan pembentuk CAT Serang-Tangerang



Gambar 4. Distribusi curah hujan tahunan rata-rata pada DIAT dan DLAT di CAT Serang-Tangerang (BMG, 2005).

Tabel 4 Distribusi satuan batuan pada DLAT dan DLAT di CAT Serang-Tangerang

Daerah Imbuhan Air Tanah [Luas=959,4 Km ²]				Daerah Lepas Air Tanah [Luas=1.982,7 Km ²]			
Simbol	Satuan batuan Nama	Luas [Km ²]	Persentase luas [%]	Simbol	Satuan batuan Nama	Luas [Km ²]	Persentase luas [%]
1	2	3	4	5	6	7	8
Qa	Aluvium	69.24	7.22	Qa	Aluvium	805.19	40.61
Qbr	Endapan pematang pantai	0.00	0.00	Qbr	Endapan pematang pantai	4.56	0.23
Qav	Kipas aluvium	0.10	0.01	Qav	Kipas aluvium	0.00	0.00
Qv	Batuan gunung api muda	25.16	2.62	Qv	Batuan gunung api muda	0.00	0.00
Qat	Andesit Pasir Terbang	0.42	0.04	Qat	Andesit Pasirterbang	0.00	0.00
Qpvp	Batuan Gunung Api Payung dan Gedor	11.41	1.19	Qpvp	Batuan Gunung Api Payung dan Gedor	0.07	0.00
Qpvk	Batuan Gunungapi Kemuning	0.44	0.05	Qpvk	Batuan Gunungapi Kemuning	0.00	0.00
Qbp	Batuan Gunungapi Pinang	0.00	0.00	Qbp	Batuan Gunungapi Pinang	7.80	0.39
Qpvb	Tuf Banten	352.81	36.75	Qpvb	Tuf Banten	1116.99	56.34
Qpvg	Batuan Gunung Api Gede	46.41	4.84	Qpvg	Batuan Gunung Api Gede	2.37	0.07
Qhkl	Lava muda Gunung Api Karang	6.79	0.71	Qhkl	Lava muda Gunung Api Karang	0.00	0.00
Qvkl	Lava G. Karang	18.41	1.92	Qvkl	Lava G. Karang	0.65	0.03
Qpvm	Batuan Gunung Api Marikangen	37.67	3.93	Qpvm	Batuan Gunung Api Marikangen	0.00	0.00
Qpb	Formasi Bojong	199.99	20.85	Qpb	Formasi Bojong	36.38	1.84
Qvd	Batuan Gunungapi Danau Muda	0.25	0.03	Qvd	Batuan Gunungapi Danau Muda	0.00	0.00
Tpss	Formasi Serpong	14.30	1.49	Tpss	Formasi Serpong	0.81	0.04
Tpg	Formasi Genteng	168.76	17.59	Tpg	Formasi Genteng	7.88	0.40
Tmb	Formasi Bojongmanik	7.25	0.76	Tmb	Formasi Bojongmanik	0.00	0.00

yang diperoleh berdasarkan Peta Geologi Skala 1:100.000 Lembar Serang (Rusmana drr., 1991) dan Peta Geologi Skala 1:100.000 (Sebagian) Lembar Jakarta dan Kepulauan Seribu (Turkandi drr., 1992) sebagaimana disajikan pada Gambar 5.

Informasi jenis dan macam batuan digunakan untuk memperkirakan nilai persentase RC yang digunakan untuk menghitung debit imbuhan air tanah secara semikuantitatif. Berdasarkan gambar tersebut dapat dirinci distribusi satuan batuan CAT Serang-Tangerang yang mencakup distribusinya di daerah imbuhan air tanah dan daerah lepasan air tanah seperti disajikan pada Tabel 4. Debit imbuhan air tanah bebas (Q1) dilakukan pada daerah imbuhan air tanah (DIAT) dan daerah lepasan air tanah (DLAT); penghitungannya dengan Persamaan 3 di atas.

Dalam Persamaan 3 di atas, RC sama dengan Q1, RF adalah curah hujan rata-rata ($RF_{rata-rata}$) baik di DIAT dan DLAT. $RF_{rata-rata}$ dihitung dengan persamaan harmonik sebagai berikut.

$$RF_{rata-rata} = \sum_{k=0}^n (RF1 \times A1 \dots RFn \times An) / (A) \dots (5)$$

Notasi A adalah luas DIAT atau luas DLAT. RC adalah persentase curah hujan rata-rata ($RC_{rata-rata}$) baik di DIAT dan DLAT. $RC_{rata-rata}$ dihitung dengan persamaan harmonik sebagai berikut.

$$RC\%_{rata-rata} = \sum_{k=0}^n (RC\%_{1 \times A1} \dots RC\%_{n \times An}) / (A) \dots (6)$$

Hasil penghitungan $RF_{rata-rata}$ di DIAT dan DLAT disajikan pada Tabel 5 dan Tabel 6; sementara penghitungan $RC_{rata-rata}$ disajikan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

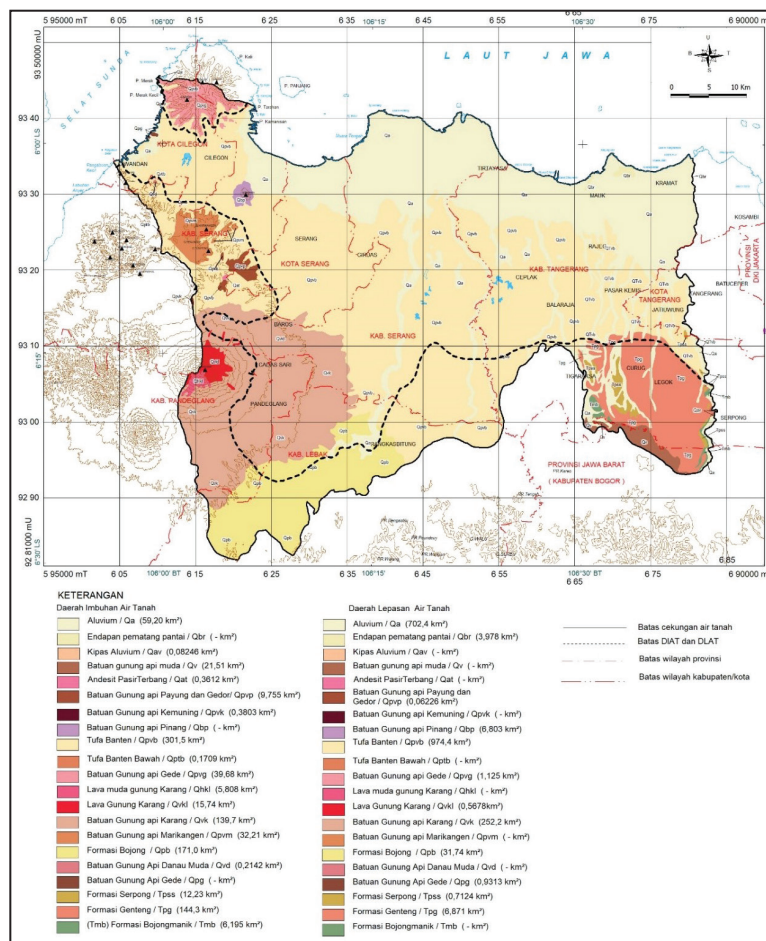
Berdasarkan angka angka curah hujan rata-rata ($RF_{rata-rata}$), $\%RF_{rata-rata}$, dan luasnya, Q1 di DIAT di DLAT dihitung sebagai berikut.

Q1 di DIAT

$$\begin{aligned} RC=Q1_{DIAT} &= RF_{rata-rata} \times A \times RC\%_{rata-rata} \text{ m}^3/\text{tahun} \\ &= 258.122.675,58 \text{ m}^3/\text{tahun} \\ &= 258,12 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{tahun} \end{aligned}$$

Q1 di DLAT

$$RC=Q1_{DLAT} = RF_{rata-rata} \times A \times RC\%_{rata-rata} \text{ m}^3/\text{tahun}$$



Gambar 5. Distribusi satuan batuan di CAT Serang-Tangerang (Rusman, d.r.r., 1991 dan Turkandi, drr., 1992 - disederhanakan)

Tabel 5 Curah hujan rata-rata di DIAT (Luas DIAT = 959.4 Km²)

Zone	RF_isohyet [mm]	RF_isohyet rata-rata [mm]	Ai [Km²]	RF _{-rata-rata} DIAT [mm]
1	1500-2000	1750	45.39	
2	2000-2500	2250	182.30	
3	2500-3000	2750	416.10	
4	3000-3500	3250	232.20	2.818,58
5	3500-4000	3750	77.76	
6	4000-4500	4250	5.65	

$$= 1.336.827.901,27 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

$$= 1.336,83 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

Total Q1 pada CAT Serang-Tangerang = **$1.594,95 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{tahun}$**

Debit aliran air tanah yang masuk pada suatu sistem akuifer tertekan adalah debit imbuhan air tanah dihitung berdasarkan atas parameter

sistem akuifer tertekan dan muka air tanah tertekan. Parameter sistem akuifer yang digunakan untuk penghitungan aliran air tanah masuk di sekitar batas daerah imbuhan air tanah dan daerah lepasan air tanah meliputi nilai k batuan dan ketebalan akuifer (D). Informasi parameter sistem akuifer diketahui berdasarkan nilai k dan D sistem akuifer batuan dasar (*bedrock aquifers*)

Tabel 6 Curah hujan rata-rata di DLAT (Luas DLAT=1982.7 Km²)

Zone	RF_isohyet [mm]	RF_isohyet rata-rata [mm]	Ai [Km ²]	RF _{-rata-rata} DLAT [mm]
1	1500-2000	1750	399.7	
2	2000-2500	2250	996	
3	2500-3000	2750	433.5	
4	3000-3500	3250	153.5	2.335,94
5	3500-4000	3750	0	
6	4000-4500	4250	0	

Tabel 7 Penghitungan RC%_{rata-rata} di DIAT (Luas DIAT =959.4 Km²)

Simbol	Satuan batuan Nama	Luas [Km ²]	RC%	RC% _{-rata-rata} DIAT
Qa	Aluvium	69.24	0.20	
Qav	Kipas aluvium	0.10	0.15	
Qv	Batuan gunung api muda	25.16	0.30	
Qat	Andesit Pasir Terbang	0.42	0.05	
Qvpv	Batuan Gunung Api Payung dan Gedor	11.41	0.05	
Qpvk	Batuan Gunungapi Kemuning	0.44	0.05	
Qpvb	Tuf Banten	352.81	0.10	0.10
Qpvg	Batuan Gunung Api Gede	46.41	0.25	
Qhkl	Lava muda Gunung Api Karang	6.79	0.05	
Qvkl	Lava G. Karang	18.41	0.05	
Qpvm	Batuan Gunung Api Marikangen	37.67	0.05	
Qpb	Formasi Bojong	199.99	0.05	
Qvd	Batuan Gunungapi Danau Muda	0.25	0.05	
Tpss	Formasi Serpong	14.30	0.05	
Tpg	Formasi Genteng	168.76	0.05	
Tmb	Formasi Bojongmanik	7.25	0.05	

Tabel 8 Penghitungan RC%_{rata-rata} di DLAT (Luas DLAT =1982.7 Km²)

Simbol	Satuan batuan Simbol	Luas [Km ²]	RC%	RC% _{-rata-rata} DLAT
Qa	Aluvium	805.19	0.20	
Qbr	Endapan pematang pantai	4.56	0.20	
Qav	Kipas aluvium	0.00	0.15	
Qv	Batuan gunung api muda	0.00	0.30	
Qvpv	Batuan Gunung Api Payung dan Gedor	0.07	0.05	
Qbp	Batuan Gunungapi Pinang	7.80	0.05	
Qpvb	Tuf Banten	1116.99	0.10	
Qpvg	Batuan Gunung Api Gede	2.37	0.25	
Qvkl	Lava G. Karang	0.65	0.05	
Qpvm	Batuan Gunung Api Marikangen	0.00	0.05	
Qpb	Formasi Bojong	36.38	0.05	
Qvd	Batuan Gunungapi Danau Muda	0.00	0.05	
Tpss	Formasi Serpong	0.81	0.05	
Tpg	Formasi Genteng	7.88	0.05	

yang merupakan bagian dari Peta Hidrogeologi Skala 1:100.000 Lembar 1109-6 dan 1110-3 Serang (Sudibyo, 1995). Berdasarkan peta tersebut, diperoleh informasi bahwa Sistem Akuifer Gunung Api Muda memiliki angka D mencapai 100 m dan k mencapai 23,1 m/hari; sementara

pada Sistem Akuifer Tuf Banten memiliki angka D mencapai 200 m dan k berkisar antara 8,9 m/hari dan 21,4 m/hari.

Data kedudukan muka air tanah pada sistem akuifer tertekan diperoleh berdasarkan hasil pengukuran lapangan pada periode Juni 2022.

Pengukuran muka air tanah dilakukan pada 29 titik lokasi sumur bor terpilih yang terletak di sekitar batas antara DIAT dan DLAT (Gambar 6). Hasil pengukuran kedudukan muka air tanah tersebut (Tabel 9) diperlukan untuk menghitung landaian hidrolik di sekitar batas DIAT dan DLAT.

Penghitungan debit aliran air tanah tertekan yang masuk (Q2) dilakukan pada setiap segmen perhitungan aliran air tanah (Gambar 7) dan hasilnya dirangkum pada Tabel 10.

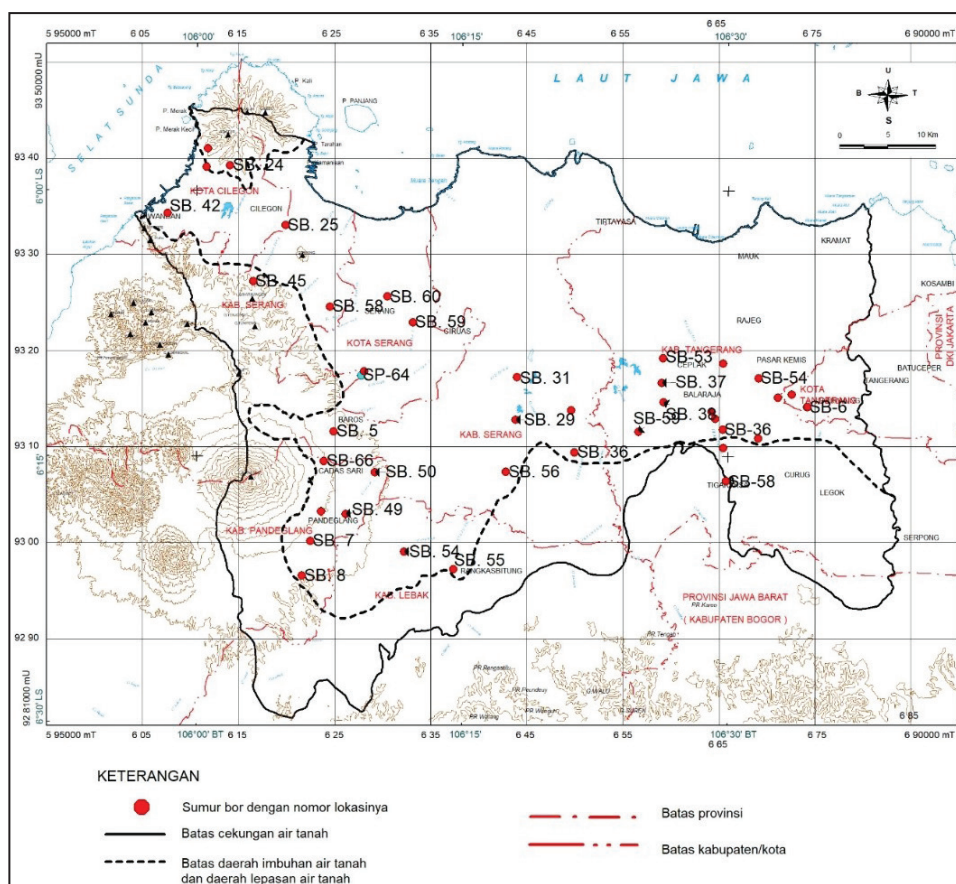
penggunaan air tanah pada sistem akuifer tertekan atau air tanah tertekan (Qabs_2).

Data penggunaan air tanah bebas (Qabs_1) sejauh ini tidak tersedia karena penggunaan air tanah bebas tidak memerlukan izin sehingga tidak pernah dilakukan pencatatan atau pendataan. Oleh karena itu, Qabs_1 diketahui berdasarkan penghitungan yang mengacu kepada standar kebutuhan air untuk rumah tangga yang ditetapkan

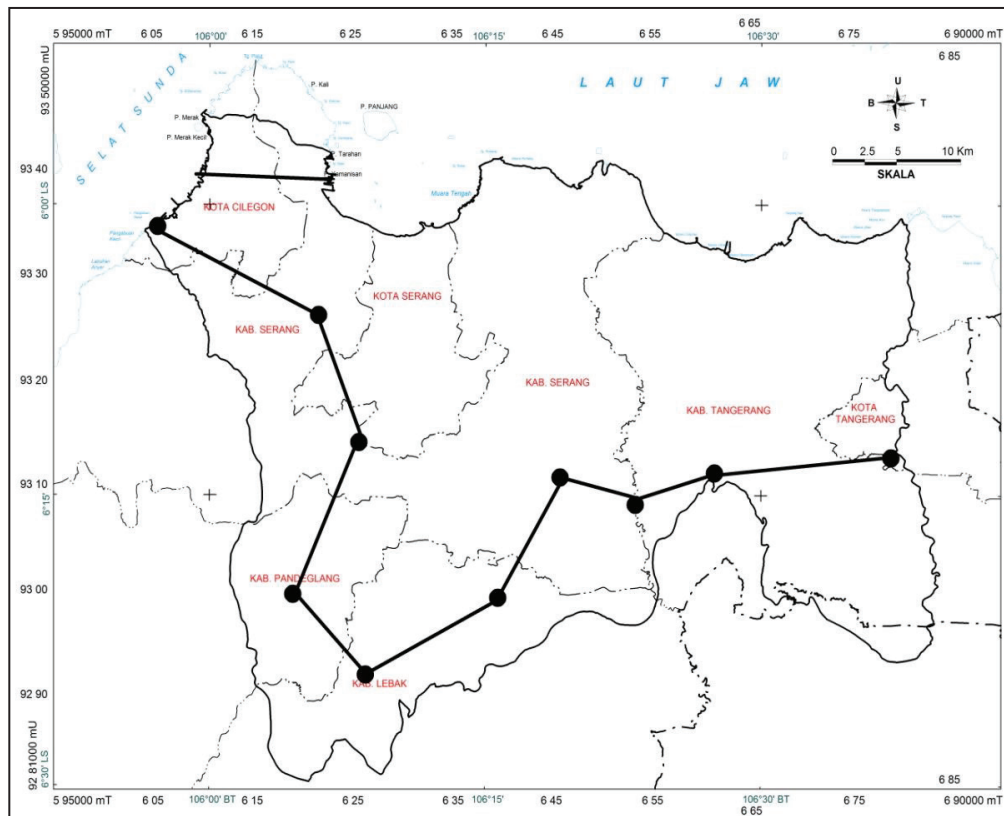
oleh Direktorat Jenderal Cipta Karya, Dep. Pekerjaan Umum (Tabel 2). Data jumlah penduduk setiap kabupaten/kota di wilayah Prov. Banten yang berada dalam CAT Serang-Tangerang dapat dilihat pada Tabel 11 (banten.bps.go.id).

Dengan cara tersebut diperoleh Qabs_1 tahun 2020 pada setiap kabupaten/kota yang berada di CAT Serang-Tangerang antara 23,81 juta m³/tahun dan 225,08 juta m³/tahun dengan total Qabs_1 yang mencakup wilayah Prov. Banten mencapai 809,01 juta m³/tahun. Sementara itu, pada 2021 terhitung Qabs_1 antara 24,19 juta m³/tahun dan 228,41 juta m³/tahun dengan total Qabs_1 mencapai 819,73 m³/tahun (Tabel 11).

Debit penggunaan air tanah tertekan (Qabs_2) diperoleh berdasarkan catatan penggunaan air tanah dari sumur bor air tanah yang menyadap air tanah dari sistem akuifer tertekan (*confined aquifer system*). Sistem akuifer tertekan tersebut sering disebut sistem akuifer dalam (*deep-*



Gambar 6 Peta lokasi pengukuran muka air tanah tertekan pada sekitar DIAT dan DLAT di CAT Serang-Tangerang Periode 2022.



Gambar 7. Segmen pada *feeding front* untuk penghitungan debit aliran air tanah tertekan yang masuk ke dalam sistem akuifer CAT Serang-Tangerang.

Tabel 10 Penghitungan debit aliran air tanah tertekan

No.	Segmen	K [m/hari]	D [m]	h_n [m]	h_{n-1} [m]	L [m]	$\square$ [m]	I	q	
									[m ³ /hari]	[m ³ /tahun]
1	A-B	8.90	200	8.06	0.00	520.83	13340	0.0155	705.53	257,517.17
2	C-D	23.10	200	62.65	35.45	520.83	18050	0.0522	8,361.62	3,051,992.12
3	D-E	23.10	200	50.50	36.20	416.67	12090	0.0343	4,600.73	1,679,266.65
4	E-F	23.10	200	110.56	74.59	531.25	15860	0.0677	9,338.73	3,408,635.59
5	F-G	23.10	200	105.50	74.00	437.50	10580	0.0720	8,044.19	2,936,127.74
6	G-H	23.10	200	21.24	8.87	458.33	14820	0.0270	4,031.78	1,471,600.26
7	H-I	23.10	200	35.45	14.59	500.00	13230	0.0417	5,100.07	1,861,525.46
8	I-J	21.40	200	35.45	14.59	541.67	7840	0.0385	2,385.67	870,768.64
9	J-K	21.40	200	30.00	12.60	416.67	7840	0.0418	3,363.04	1,227,508.27
10	K-L	21.40	200	35.00	14.59	531.25	19280	0.0384	5,967.55	2,178,155.00
Total									51,898.90	18,943,096.90

seated aquifer system). Kedalaman sumur bor air tanah di CAT Serang-Tangerang umumnya lebih dari 100 meter. Data Qabs_2 diperoleh dari dokumen/data Surat Izin Pengusahaan Air Tanah (SIPA) setiap lokasi sumur bor Tahun 2020-2021 yang tersimpan dalam Sistem Database Dinas Penanaman Modal PTSP Provinsi Banten.

Hasil evaluasi dan analisis data Qabs_2 pada CAT Serang-Tangerang disajikan pada Tabel 12. Tertera dalam tabel tersebut bahwa selama kurun waktu 2020-2021 jumlah sumur bor produksi meningkat dari 1.123 menjadi 1.572 (penambahan 349 sumur bor produksi) dengan debit penggunaan air tanah meningkat dari

Tabel 11 Debit penggunaan air tanah bebas (Qabs_1)

No.	Kabupaten/kota	Jumlah penduduk [jiwa]		Kebutuhan air bersih		Qabs_1 [m ³ /tahun]	
		Tahun 2020	Tahun 2021	Kategori	[L/orang/hari]	2020	2021
1	Kab. Lebak	1,386,793	1,407,857	I	190	96,174,095	97,634,883
2	Kab. Pandeglang	1,272,687	1,288,314	I	190	88,260,843	89,344,576
3	Kab. Serang	1,622,630	1,647,790	I	190	112,529,391	114,274,237
4	Kab. Tangerang	3,245,619	3,293,533	I	190	225,083,678	228,406,514
5	Kota Cilegon	434,896	441,761	III	150	23,810,556	24,186,415
6	Kota Serang	692,101	704,618	III	150	37,892,530	38,577,836
7	Kota Tangerang	1,895,486	1,911,914	I	190	131,451,954	132,591,236
8	Kota Tangerang Selatan	1,354,350	1,365,688	I	190	93,924,173	94,710,463
Prov. Banten		11,904,562	12,061,475			809,127,219	819,726,158

Tabel 12 Jumlah sumur dan Qabs_2 di CAT Serang-Tangerang Tahun 2020-2021

No.	Kabupaten/kota	Jumlah sumur		Qabs_2 (2020)		Qabs_2 (2021)	
		2020	2021	[m ³ /hari]	[m ³ /tahun]	[m ³ /hari]	[m ³ /tahun]
1	Kab. Lebak	28	26	1.890	689.850	499	182.208
2	Kab. Pandeglang	21	38	554	202.210	437	159.432
3	Kab. Serang	174	221	8.525	3.111.625	8.880	3.241.200
4	Kab. Tangerang	302	497	10.680	3.898.200	13.850	5.055.396
5	Kota Cilegon	65	70	10.383	3.789.795	6.742	2.460.684
6	Kota Serang	62	137	1.133	413.545	2.196	801.540
7	Kota Tangerang	320	382	15.860	5.788.900	15.965	5.827.152
8	Kota Tangsel	151	202	4.818	1.758.570	8.225	3.002.052
9	Kab. Bogor	0	0	0	0	0	0
Total		1.123	1.572	53.843	19.652.695	56.794	20.729.664

19.652.695 m³/tahun menjadi 20.729.664 m³/tahun (penambahan 1.076.969 m³/tahun).

Distribusi Qabs pada setiap wilayah kabupaten/kota di CAT Serang-Tangerang pada 2021 yang mencakup Qabs_1 dan Qabs_2 dapat dilihat pada Gambar 8.

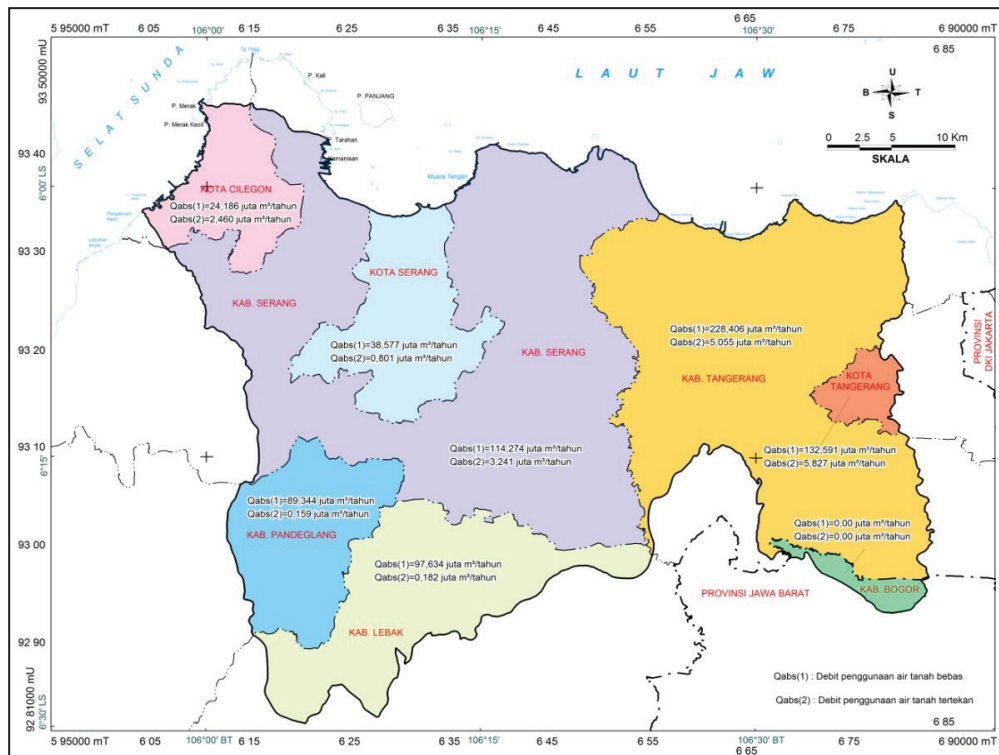
Analisis neraca air tanah pada tulisan ini dibatasi pada sistem akuifer tertekan. Neraca air tanah pada sistem akuifer bebas tidak dilakukan karena ketidaktersedianya data muka air tanah bebas dan limpasan air permukaan. Komponen neraca air tanah yang dapat dihitung seperti disajikan pada Gambar 9.

Gambar tersebut menunjukkan komponen air tanah masuk yang tidak dapat dihitung adalah aliran air tanah bebas yang masuk ke daerah lepasan air tanah, limpasan permukaan yang keluar dari sistem, aliran air tanah bebas yang

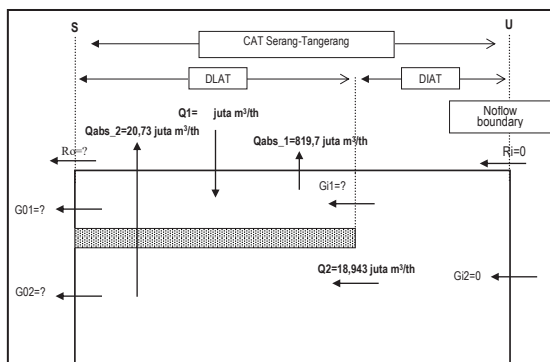
keluar dari sistem, dan aliran air tanah tertekan yang keluar dari sistem.

Total selisih (*discrepancy*) antara komponen air tanah masuk dan air tanah keluar pada sistem akuifer tidak tertekan (air tanah bebas) adalah 527,70 x 10⁶ m³/tahun pada 2020 atau surplus 39,47%, dan 517,10 x 10⁶ m³/tahun pada 2021 atau surplus 38,68%. Dengan kata lain, air tanah bebas yang telah dimanfaatkan pada dua periode tersebut sekitar 60% dari debit imbuhan. Namun demikian, air tanah bebas mudah pulih kembali karena adanya proses pengisian kembali (*groundwater replenishment*) pada sistem akuifer tidak tertekan pada saat musim penghujan berlangsung.

Sementara itu, selisih antara air tanah masuk dan air tanah keluar pada sistem akuifer tertekan pada 2020 adalah -0,710x10⁶ m³/tahun



Gambar 8. Qabs-1 dan Qabs_2 pada setiap kabupaten/kota di CAT Serang-Tangerang



Gambar 9. Komponen neraca air tanah terhitung di CAT Serang-Tangerang.

atau defisit 3,75%, dan pada 2021 selisihnya mencapai $-1,787 \times 10^6$ m³/tahun atau defisit 9,43%. Dengan kata lain, air tanah tertekan yang telah dimanfaatkan pada dua periode tersebut lebih besar dari debit alirannya. Namun demikian, air tanah tertekan juga mendapat pasokan dari aliran air tanah air tanah bebas secara vertikal ke bawah (*downward vertical flow*) karena di antara dua sistem akuifer tersebut tidak dibatasi oleh batuan yang sepenuhnya kedap dan bersifat menerus.

KESIMPULAN

Hasil perhitungan neraca air menunjukkan komponen air tanah yang masuk ke dalam sistem akuifer CAT Serang-Tangerang meliputi debit imbuhan air tanah bebas mencapai $1.594,95 \times 10^6$ m³/tahun dan debit aliran air tanah tertekan mencapai $18,943 \times 10^6$ m³/tahun. Komponen air tanah yang keluar dari sistem akuifer CAT Serang-Tangerang meliputi debit penggunaan air tanah pada sistem akuifer tidak tertekan pada 2020 mencapai 809,01 juta m³/tahun dan pada 2021 mencapai 819,73 m³/tahun dan debit penggunaan air tanah pada sistem akuifer tertekan pada 2020 mencapai 19,65 juta m³/tahun sementara pada 2021 mencapai 20,73 juta m³/tahun. Air tanah bebas yang telah dimanfaatkan melalui sumur gali dan sumur pasak pada periode 2020 dan 2021 sekitar 60% dari debit imbuhan. Sementara itu, pada sistem akuifer tertekan terjadi defisit $-0,710 \times 10^6$ m³/tahun pada 2020 dan pada 2021 mencapai $-1,787 \times 10^6$ m³/tahun pada 2021; artinya, air tanah yang telah dimanfaatkan pada sistem akuifer tertekan lebih besar dari

debit alirannya. Komponen neraca air tanah pada tulisan ini merupakan gambaran umum keseimbangan antara air tanah yang masuk dan keluar pada sistem CAT Serang-Tangerang. Perlu dilakukan penghitungan neraca air tanah CAT Serang-Tangerang menggunakan metode lain seperti model numerik aliran air tanah. Data dan informasi spasial yang diperoleh dari hasil kegiatan identifikasi neraca air tanah ini dapat digunakan sebagai data masukan dan asumsi awal (*first assumption*) untuk simulasi. Hasil penghitungan neraca air tanah khususnya pada air tanah tertekan menunjukkan debit penggunaan air tanah melebihi potensi ketersediaannya sehingga pengawasan penggunaan air tanah perlu dilakukan secara lebih ketat dan disertai dengan upaya konservasi air tanah lainnya. Pemantauan muka air tanah dan kualitas air tanah melalui jaringan sumur pantau air tanah di CAT Serang-Tangerang perlu dilakukan secara menerus yang dapat dimanfaatkan untuk validasi hasil simulasi aliran air tanah dan untuk mengetahui perubahan subzona konservasi air tanah pada zona pemanfaatan air tanah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan terbitnya makalah ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan yang telah menyediakan sebagian besar data untuk keperluan tulisan ini. Ucapan terima kasih disampaikan pula kepada Dewan Redaksi yang telah menerbitkan tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, L., 2021. Kajian Neraca Air DAS Way Kandis Untuk Merencanakan Alokasi Air Yang Berkesinambungan. *Journal of Infrastructural in Civil Engineering (JICE)*, Vol. 02 No. 02, pp:24-30.
- Badan Meteorologi dan Geofisika, 2005. Atlas Curah Hujan Tahunan Rata-Rata Pulau Jawa, Badan Meteorologi dan Geofisika.
- Binnie and Partners (Far East) Ltd., 1984, *Groundwater Evaluation for Water Resources Projects*, Ministry of Public Works.
- Chaerunnisa, N., Arif, C., Perdinan, dan Wibowo, A., 2021. Analisis Neraca Air di Pulau Jawa-Bali sebagai Upaya Antisipasi Krisis Air. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* Vol. 06 No. 02. DOI: 10.29244/jsil.6.2.61-80
- Dalin C., Taniguchi M., dan Green T.R., 2019. Unsustainable groundwater use for global food production and related international trade. *Global Sustainability*, 2(e12): 1-11. <https://doi.org/10.1017/S2059479819000073>
- Departemen Pekerjaan Umum, 1996. Pedoman Teknis Perencanaan Perkotaan. Direktorat Jenderal Cipta Karya, Jakarta.
- Gleeson T., Befus K.M., Jasechko S., Luijendijk E., dan Cardenas M.B., 2015. The global volume and distribution of modern groundwater. *Nature Geoscience*. <http://doi:10.1038/NGE02590>.
- Gracia-de-Rentería P., Barberán R., dan Mur J., 2020. The groundwater demand for industrial uses in areas with access to drinking publicly-supplied water: a microdata analysis. *Water*, 12 (198): 2-16. <http://doi:10.3390/w12010198>
- Haryadi, T., 2004. Evaluasi Potensi Air Tanah, Materi Pendidikan, Penyuluhan, dan Bimbingan Teknis Pengelolaan Air Tanah, Direktorat Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan, Bandung.
- Haryadi, T., Arkom, S.I., Reyers, E., 1984. *Geohydrological Investigation in the Region of the Gelderse Valley - Center of The Netherlands, Working Group*, International Institute of Hydraulic and Environmental Engineering, Delft, The Netherlands.
- Hendrayana, H., Widyastuti, M., Riyanto, I.A., Nuha, A., dan Aprimanto, B., 2020. Neraca Airtanah Cekungan Airtanah (CAT) Menoreh dan Wates Kabupaten Kulonprogo. *Geomedia* Vol. 18 No. 2: 10-29.
- Igboekwe, M.U. dan 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.
- Menteri ESDM, 2017. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 2 Tahun 2017 tentang Cekungan Air Tanah di Indonesia, Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2017 Nomor 56.
- Republik Indonesia, 2019. Undang – Undang No. 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air. Sekretariat Negara, Jakarta.
- Rusmana, E., Suwitodirdjo, K., dan Suharsono, 1991. Peta Geologi Skala 1:100.000 Lembar Serang, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.
- Simmers, I. 1987. *Estimation of Natural Groundwater Recharge*. Institute of Earth Sciences, Free University, Amsterdam, Netherlands.
- Sudibyo, Y., 1995. Peta Hidrogeologi Skala 1:100.000 Lembar 1109-6 dan 1110-3 Serang - Akuifer Batuan Dasar (*Bedrock Aquifers*), Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung.
- Taufik, I., Yanuar, M., Purwanto, Pramudya, B., Satyanto, dan Saptomo, 2019. Analisis Neraca Air DAS Ciliman. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, Vol. 17: 3.
- Todd, D.K. dan Mays. L.W., 2005. *Groundwater Hydrology*. John Willey & Sons, New York.
- Turkandi, T., Sidarto, dan Purbohadiwidjojo, M.M., 1992. Peta Geologi Skala 1:100.000 Lembar Jakarta dan Kepulauan Seribu, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.
- Wada Y., van Beek P.H., van Kempen C.M., Reckman J.W.T.M., Vasak S., dan Bierkens F.P., 2010. Global depletion of groundwater resources. *Geophysical Research Letters* 37L20402.<http://doi:10.1029/2010GL044571>
- <https://banten.bps.go.id/indicator/12/46/1/penduduk-menurut-jenis-kelamin-dan-kabupaten-kota-di-provinsi-banten.html>