

HIDROGEOLOGI DAERAH BRG BERDASARKAN KONDISI HIDROLOGI UNTUK MENGETAHUI PREDIKSI KESETIMBANGAN AIRTANAH (*GROUNDWATER*)

Rohima Sera Afifah
STT Migas Balikpapan
E-mail: rohimasera.afifah@gmail.com

ABSTRACT

The rapid increase in groundwater exploitation in various sectors in Indonesia has caused preparations in the form of concrete steps that must be faced, especially reducing the impacts caused. The BRG area is an area known as an area in Geological Conditions the existence of intrusions that may result in retained groundwater flows and are productively small and even rare and in addition to that also in terms of environmental conditions of areas surrounded by large industries in the amount of very large groundwater use. Groundwater intake activities impacted the drawdown of groundwater levels. This study in cased the Water Balance conditions of the BRG area groundwater.

This study employs hydrology variable to determine groundwater balance. Variables of Rainfall (CH in mm/yr), Evapotranspiration (ET in mm/yr), Infiltration (R in mm/yr) and Run Off (RO in mm/yr). Balance of Groundwater is based on a general formula of Capacity (ΔS). Capacity (ΔS) is directly proportional to Rainfall (CH) as Inflow and Total amount of Evapotranspiration (ET), Infiltration (R) and Run Off (RO) as Outflow. The study revealed that the inflow and outflow of water in BRG area are balanced.

The results of the Hydrological Variables of the study area are as follows: Rainfall (CH) is of 8302 mm/yr average value, Evapotranspiration (ET) is of 2726,6 mm/yr average value, Infiltration (R) is of $2,02 \times 10^7$ mm/yr and run off (Ro) 1316,3 mm/yr. The result of Groundwater Water balance is a negative value (Inflow < Outflow). Hydrological calculations decreased in each year for the last 4 years the observation data showed the negative values were getting greater, as follows: (a) the first year -4.01×10^7 , (b) the second year -5.63×10^7 , (c) the third year -3.10×10^7 , (d) the fourth year -4.72×10^7 .

Keywords: Hidrologi, Airtanah dan Keseimbangan Airtanah

1. PENDAHULUAN

Menurut Sosrodarsono S dan Kensaku, 2003 sekitar 1,3 -1,4 milyar km^3 secara global bumi diisi dengan air jenuh dibawah air permukaan tanah. Menurut Salsabila, A., dan Irma L.N, 2020, Siklus air merupakan salah satu kaitannya dengan besarnya permukaan air di Bumi. Siklus air merupakan atau juga dikenal dengan Siklus Hidrogeologi yakni perputaran dan pergerakan air yang ada di Bumi. Persentase 100% sebaran air meliputi 97% air laut dan 3 % air tawar. Air tawar yang berupa es dan salju, air tanah, air permukaan. Air es dan salju yang mendominasi mengisi sekitar 68,7% disusul 30,1% berupa air tanah dan hanya 0,3 % berupa air permukaan dan 0,9 % terisi

oleh lainnya. Sedangkan air permukaan berupa air danau, rawa dan sungai. Persentase dominan pada danau sekitar 87% disusul berupa 11% lahan basah/rawa dan 2% dari sungai.

Pengaruh kondisi Geologi dan Hidrogeologi daerah BRG sangat mempengaruhi sifat fisik batuan dan kelulusan air pada batuan dasar berdasarkan susunan stratigrafi dan sifat pembentuk satuan batuan. Adanya batas Kondisi Hidrogeologi pada batuan intrusi daerah BRG sebagai batas arah aliran yang mengakibatkan tidak mampu dilalui air. Faktor ilmiah seperti Klimatologi dan faktor batuan dari jumlah pengambilan airtanah secara berlebih menyebabkan penurunan muka airtanah (Afifah, R.S, 2008).

Pada kajian ini, untuk mengetahui (1) Cekungan airtanah daerah telitian berdasarkan proses penambahan debit curah hujan yang besar, dan pengaliran dan pelepasan airtanah yang berlangsung, (2) Besaran variable Hidrologi daerah telitian dalam penentuan Kestimbangan Airtanah mengacu pada Konsep nilai *inflow* sama dengan *outflow*, (3) Kestimbangan airtanah berdasarkan konsep *inflow* sama dengan *outflow* dan perhitungan hidrologi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut J. Kodoatie, 1996, air jenuh berada di bawah air permukaan tanah merupakan definisi dasar dari airtanah. Formasi geologi daerah merupakan faktor pengaruh utama ketersediaan airtanah sebagai daerah penampungan, secara global bisa dilihat pada tabel 1, Volume yang dimiliki airtanah mempunyai kapasitas yang paling besar dibandingkan aliran di permukaan tanah, sehingga dapat dikatakan sebagai sumber daya air yang penting.

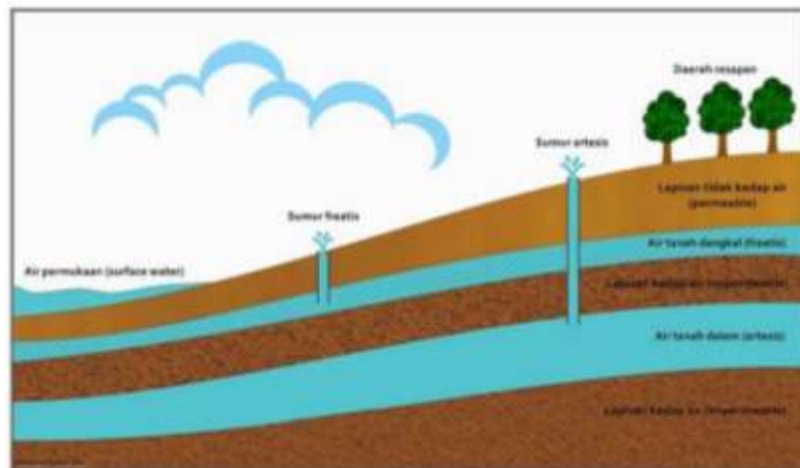
Tabel 1. Perkiraan Jumlah air di Bumi

No	Tempat	Area	Volume	% thd Total air yang ada	% thd Total air tawar
1	Laut	361,3	1.338.000,00	96,5379	
2	Airtanah				
	a. Tawar	134,8	10.530,00	0,7597	30,061
	b. Asin	134,8	12.870,00	0,9286	
3	Air di tanah dangkal	82,0	16,50	0,0012	0,047
4	Es di kutub	16,0	24.023,50	1,7333	68,581
5	Es lainnya dan Salju	0,3	340,60	0,0246	0,972
6	Danau				
	a. Tawar	1,2	91,00	0,0066	0,260
	b. Asin	0,8	85,40	0,0062	

Tabel 1. Perkiraan Jumlah air di Bumi
Lanjutan

No	Tempat	Area	Volume	% thd Total air yang ada	% thd Total air tawar
7	Rawa/ Payau	2,7	11,47	0,0008	0,033
8	Sungai	148,8	2,12	0,0002	0,006
9	Air Biologi	510,0	1,12	0,0001	0,003
10	Air di Udara	510,0	12,90	0,0009	0,037
Total air yang ada		510,0	1.385.984,61	100	
Total air tawar		148,8	35.029,21	2,5274	100

Ruang butir tanah dan rekahan batuan menjadi lintasan bergerak airtanah pada suatu daerah. Hal ini dikarenakan sifat air mengalir secara alamiah dari hulu (tinggi/ atas permukaan) ke hilir (rendah/ dalam permukaan). Contoh air di dalam permukaan yakni kondisi goa dan sungai di bawah tanah, keadaan pada air bawah tanah pada ke dalam beberapa meter di bawah permukaan. Kedalaman susunan lapisan, semakin dalam memiliki lapisan batuan yang bersifat lapisan *permeable* (lolos air) dan *impermeable* (tidak lolos air). Lapisan *permeable* seperti kerikil dan pasir. Sedangkan, lapisan *impermeable* adalah lapisan batuan kedap air seperti napal, tanah liat, dan tanah lempung. (Gambar 1) (Salsabila, A., dan Irma L.N, 2020)

Gambar 1. Lapisan Airtanah (*Groundwater*) Salsabila, A., dan Irma L.N, 2020

Juanda D dan Lubis R.F, 2000, air yang mengalir di alur sungai berasal dari air hujan atau airtanah yang keluar melalui mata air yang terletak pada suatu system jaringan air permukaan. Aliran air sungai akan mengalir dari hulu ke hilir secara

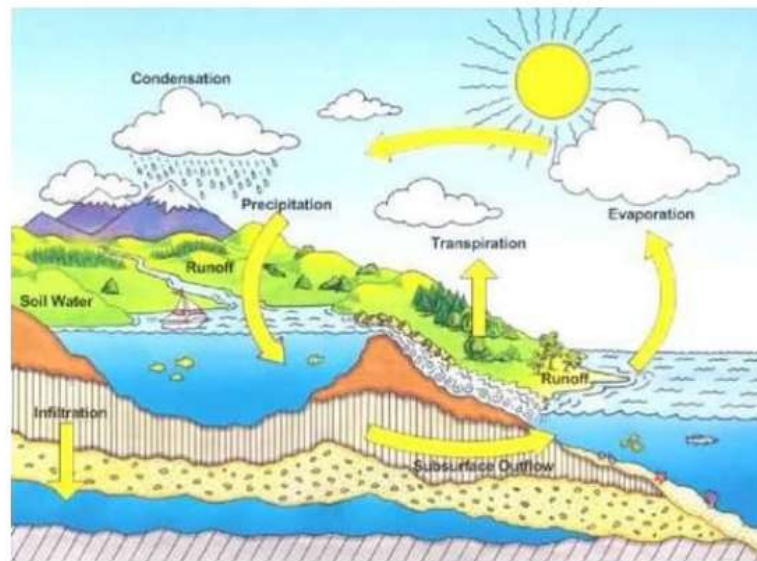
gravitasional melewati bermacam-macam jenis litologi dan atau system batuan yang berbeda tergantung pada tatanan geologi.

Variabel Perhitungan Hidrologi untuk mendapatkan variable airtanah menggunakan temperatur, curah hujan dan data diolah berdasarkan persamaan rumus meliputi: evapotransporasi, infiltrasi, limpasan dan kesetimbangan airtanah. Air turun dari dari atmosfer ke permukaan disebut Curah Hujan (presipitasi). Hujan itu sendiri terjadi akibat naiknya Uap air ke atmosfer hingga dingin menjadi butiran kondensasi menjadi butir dan kristal es.

Menurut Afrizal N, 2003, Presipitasi, Evaporasi, Infiltrasi dan Limpasan merupakan variabel dalam proses Siklus Hidrologi (Gambar 2). Uap terkondensasi dengan temperatur menjadi dingin menumpuk ke awan dan ketika awan tak mampu menampung lebih banyak akan jatuh ke tanah dan hal ini yang menjadi bagian dari proses presipitasi sehingga daur hidrologi terkendalikan pada suatu wilayah DAS. Dan dilanjutkan proses berikutnya yakni Evapotranspirasi yang merupakan proses perpaduan antara Evaporasi dan Transpirasi. Hilangnya air (penguapan) dari tanah yang disebut Evaporasi sedangkan air keluar dari tanaman melalui daun ke atmosfer disebut transpirasi. Hal ini dapat dijelaskan perbedaan antara Transpirasi dan Evaporasi (seperti pada tabel 2). Proses ketiga atau selanjutnya yakni air masuk ke dalam tanah melalui permukaan dan secara vertikal, hal ini bagian dari proses infiltrasi. Bagian variable terakhir yakni Limpasan (*Run Off*), dimana air hujan mengalir di atas permukaan tanah menuju daerah lebih rendah.

Tabel 2. Perbedaan Transpirasi dan Evaporasi

No	Transpirasi	Evaporasi
1	Proses fisika modifikasi	Proses Fisika Murni
2	Diatur beberapa macam tekanan	Tidak diatur oleh Tekanan
3	Permukaan sel basah	Permukaan menjadi kering



Gambar 2. Siklus Hidrologi (Salsabila, A., dan Irma L.N, 2020)

Tahapan Proses terjadi variable hidrologi Salsabila, A., dan Irma L.N, 2020, sebagai berikut: Curah hujan, laju evaporasi dan transpirasi sangat dipengaruhi oleh keadaan Suhu dan Jatuhnya air hujan di atas permukaan tanah merupakan proses aliran permukaan, sedangkan masuknya air hujan di dalam permukaan tanah sebagai infiltrasi. Proses infiltrasi melalui pori-pori permukaan dari air hujan.

Kesetimbangan Airtanah merupakan imbalanced air yang terjadi pada suatu daerah, membentuk siklus hidrologi antara *inflow* dan *outflow* disuatu daerah untuk suatu periode. Peran airtanah dalam sistem pengelolaan sumber daya air sangat penting dan banyak dimanfaatkan untuk berbagai aspek keperluan industri, domestik maupun irigasi, perhotelan dan kebutuhan penduduk. Pengelolaan airtanah perlu diperhatikan prinsip kesetimbangan air, dikarenakan adanya keterbatasan kapasitas volume airtanah pada suatu daerah. Hal ini dikarenakan kecepatan relatif kecil dibanding dengan aliran permukaan, sehingga kesetimbangan airtanah tahunan menuju ke laut lebih kecil dari air sungai, seperti tabel 3, J. Kodoatie., R, 1996)

Tabel 3. Kesetimbangan airtanah Tahunan
J. Kodoatie., R, 1996

No	Uraian	Satuan	Laut	Tanah
1	Area	(10 ⁶ Km ²)	361,3	148,8
2	Hujan	(Km ³ / thn)	458.000	119.000
		(mm/th)	1270	800
3	Penguapan	(Km ³ / thn)	505.000	72.00
		(mm/th)	1.400	484
4	Aliran ke laut dari			
	a. Sungai	(Km ³ / thn)	-	44.700
	b. Airtanah	(mm/th)	-	2.200
Total Aliran ke Laut		(Km³/ thn)	-	47.000
		(mm/th)	-	316

Kondisi *inflow* (aliran masuk) dengan *outflow* (aliran keluar) suatu wilayah menggambarkan kondisi kesetimbangan air suatu daerah. Dalam perhitungannya, tergambar besar curah hujan tertampung pada *recharge*, penguapan, air mengalir di permukaan maupun infiltrasi. (Rinaldi,2015). Jumlah air di permukaan bumi dipengaruhi oleh besarnya air yang masuk (*input*) dan keluar (*output*) pada jangka waktu tertentu. Dimana semakin cepat siklus hidrologi semakin dinamis tingkat neraca air.

3. METODE PENELITIAN

Variabel perhitungan Hidrologi untuk Kesetimbangan airtanah atau Daya Tampung (ΔS). Daya Tampung berbanding lurus dengan (1) Nilai Curah Hujan (CH) sebagai Input (2) Nilai Total jumlah Evapotranspirasi (ET), (3) Nilai Infiltrasi (R) dan (4) Nilai Limpasan (*Run Off* (RO) sebagai Output. Rumusan variabel hidrologi, sebagai berikut:

1. Perumusan Curah Hujan sebagai berikut:

$$R_{\text{rata-rata}} = \frac{R_A \times L_A + R_B \times L_B + \dots + R_n \times L_n}{L_A + L_B + \dots + L_n} \dots \dots \dots (3.1)$$

Dimana:

$R_{rata-rata}$ = Jumlah Curah Hujan (mm)

R_A, R_B, R_n = Curah Hujan di setiap titik pengamatan

L_A, L_B, L_n = Luas daerah disetiap titik pengamatan (Km^2)

2. Perumusan Evapotranspirasi (Thorntwaite, 1948 dalam Asdak, 2007) sebagai berikut:

$$ET = 1,62 (10 \times T_m / I)^a \dots\dots\dots(3.2)$$

Dengan nilai

$$a = 675 \times 10^{-9} I^3 - 771 \times 10^{-7} I^2 + 179 \times 10^{-4} I + 492 \times 10^{-3}$$

$$I = \sum_{m=1}^{12} (T_m/5)^{1,514}$$

Dimana:

ET = Evapotranspirasi (m)

T_m = Temperature

I = Indeks panas tahunan

a = Tetapan yang tergantung dari lokasi dan iklim

3. Perumusan Infiltrasi (Triatmodjo, B., 2008) sebagai berikut:

$$R = (P - ET) \times A_i \times (1-C_i) \dots\dots\dots (3.3)$$

$$R_{\text{gunalahan SubDAS BRG}} = \sum R_{\text{total}} \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana:

R = Infiltrasi (resapan) (m^3)

ET = Evapotranspirasi (m)

C_i = Koefisien Limpasan (dalam tabel 4)

P = Curah Hujan rata-rata (m)

A_i = Luas per Guna lahan (m^2)

4. Perumusan Limpasan (Sharma, P.,V, 1997) sebagai berikut:

$$R_o = \frac{1,511 \times P^{1,44}}{T_m^{1,34} \times S^{0,0613}} \dots\dots\dots (3.5)$$

Dimana:

R_o = Limpasan Permukaan (cm/tahun)

P = Curah Hujan tahunan (cm)

- S = Luas sub cekungan (Km²)
- T_m = Suhu Udara tahunan rata-rata (0C)

Kesetimbangan daerah BRG bernilai setimbang yakni negatif (-) atau dikatakan kesetimbangan airtanah *Inflow* < *Outflow*. Sebagaimana rumusan Kesetimbangan Airtanah dalam J. Kodoatie, R., 1996)

$$\Delta S = CH - (R + ET + R_o) \dots\dots\dots(3.6)$$

Dimana:

- ΔS = Limpasan Permukaan (cm/tahun)
- CH = Curah Hujan tahunan (mm/th)
- R = Infiltrasi (mm/th)
- ET = Evapotranspirasi (mm/th)
- R_o = Limpasan (mm/th)

Tabel 4. Data Koefisien Limpasan
(Sumber: U.S Forest Service, 1980 dalam Asdak, C., 2007)

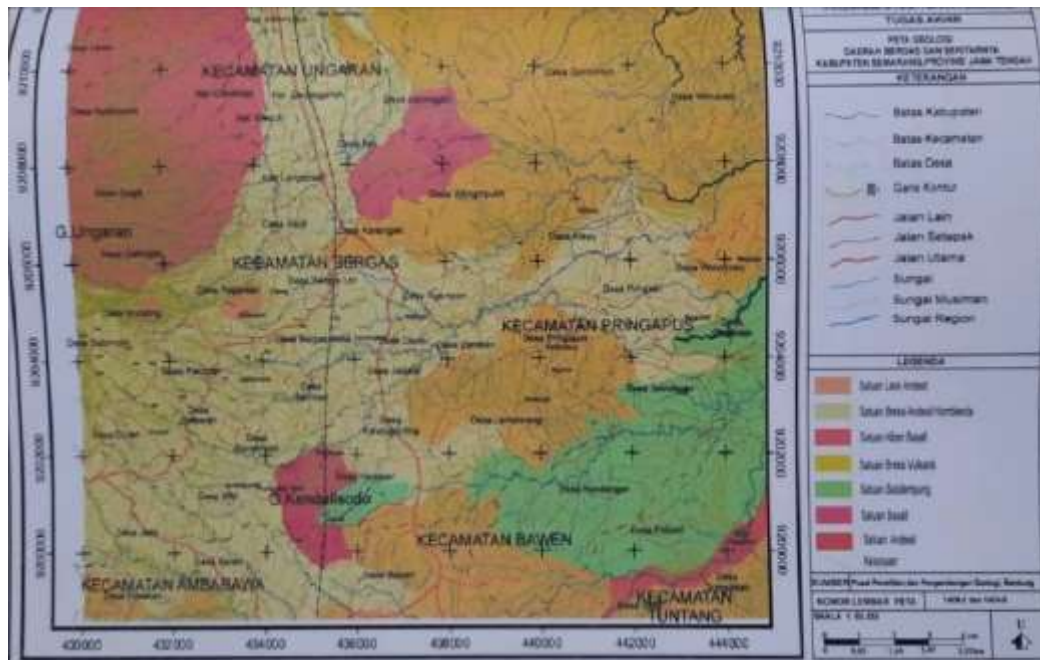
Tata guna lahan	C	Tata Guna lahan	C
	(koefisien)		(Koefisien)
Perkantoran		Trotoar	0,75 – 0,85
Daerah Pusat Kota	0,70 – 0,95	Tanah Lapang	
Daerah Sekitar Kota	0,50 – 0,70	Berpasir, datar 2%	0,05 – 0,10
Perumahan		Berpasir, agak datar 2-7%	0,10 – 0,15

Tabel 4. Data Koefisien Limpasan
(Sumber: U.S Forest Service, 1980 dalam Asdak, C., 2007)
Lanjutan

Tata guna lahan	C (koefisien)	Tata Guna lahan	C (Koefisien)
Rumah Tunggal	0,30 – 0,50	Berpasir, miring 7%	0,15 – 0,20
Rumah Susun	0,40 – 0,60	Tanah berat, datar 2%	0,13 – 0,17
Pinggiran Kota	0,50 – 0,70	Tanah berat, agak datar 2-7%	0,18 – 0,22
Daerah Industri		Tanah berat, miring 7%	0,25 – 0,35
Kurang Padat Industri	0,50 – 0,80	Tanah Pertanian 0 – 30 %	
Padat Industri	0,60 – 0,90	Tanah Kosong	0,30 – 0,50
		Ladang	0,30 – 0,25
Taman, Kuburan	0,10 – 0,25	Padat rumput	0,15 – 0,25
Tempat bermain	0,20 – 0,35	Hutan	0,05 – 0,25
Daerah Stasiun KA	0,20 – 0,40	Tanah tidak produktif >30%	
Daerah tak berkembang	0,10 – 0,30	Rata, kedap air	0,70 – 0,90
Jalan raya	0,70 – 0,95	Kasar	0,50 – 0,70

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Batas hidrogeologi daerah telitian merupakan bagian dari Cekungan airtanah Ungaran. Batas horizontal Cekungan Airtanah pada sub cekungan Bergas di daerah BRG. Batas Utara dibatasi batas batuab terobosan satuan litologi basalt Gunung Mergi dan pemisah air permukaan, Batas Timur dibatasi oleh satuan batulempung tersier, Batas Selatan batas sub cekungan Bergas berhimpit dengan pemisah air permukaan di sekitar Gunung Kendalisodo satuan litologi terobosan andesit horblenda dan satuan litologi batulempung tersier yang secara umum berifat kedap air, setempat di selatan Bergas, terdapat topografi sebagai batas aliran airtanah masuk dan Batas Barat merupakan batas sub cekungan berhimpit dengan batas pemisah air permukaan di sekitar puncak Gunung Ungaran (Gambar 3).

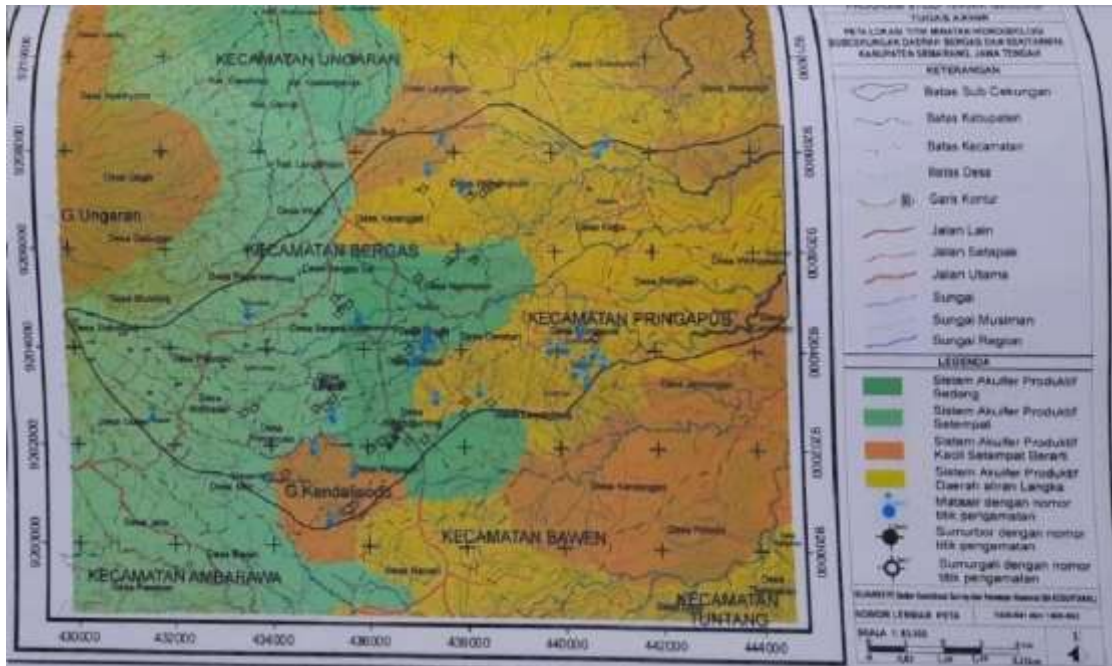


Gambar 3. Kondisi Geologi daerah telitian (di olah)

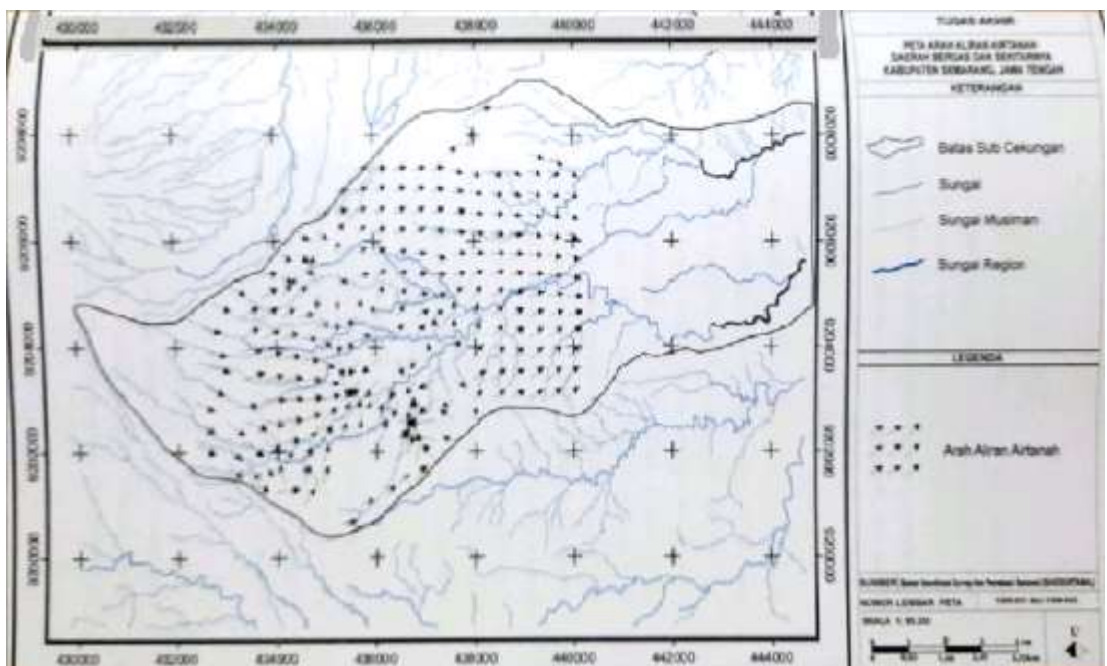
Ketersediaan airtanah dan produktifitas cekungan airtanah produktif setempat, menunjukkan adanya kelulusan air dan debit sumurbor daerah sekitar. Airtanah yang terbentuk akan mengalir secara lateral karena gaya berat daerah resapan (recharge) menuju ke daerah pelepasan (discharge) melalui lapisan produktif (Gambar 4). Aliran airtanah yang dihasilkan berasal dari sumber yang berbeda, aliran airtanah berasal dari Gunung Kendalisodo arah aliran ke timur laut dan airtanah berasal dari Gunung Ungaran mengalir langsung dan bersifat penyebaran luas lebih membelok (Gambar 5) Pembelokan disebabkan adanya sumber dari Gunung Ungaran adanya batuan terobosan.

Hasil perhitungan variabel hidrologi, sebagai berikut: berdasarkan pers 3.1 Curah Hujan 8302 mm/tahun, pers 3.2 Evapotranspirasi (Thornthwaite, 1948 dalam Asdak, 2007) 2726,6 mm/th, pers 3.3 Infiltrasi (Triatmodjo, B., 2008) $2,02 \times 10^7$ mm/tahun dan pers 3.5 Limpasan (Sharma, P.V, 1997) sebesar 1316,3 mm/tahun dan pers. rumusan

Kesetimbangan Airtanah (J. Kodoatie, R., 1996) bernilai negatif. nilai negatif semakin besar, sebagai berikut: (a) tahun pertama $-4,01 \times 10^7$, (b) tahun kedua $-5,63 \times 10^7$, (c) tahun ketiga $-3,10 \times 10^7$, (d) tahun keempat $-4,72 \times 10^7$.



Gambar 5. Kondisi Hidrogeologi daerah telitian (di olah)



Gambar 5. Pembelokan arah aliran daerah telitian (di olah)

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat disimpulkan mengenai kondisi hidrologi untuk mengetahui prediksi kesetimbangan Airtanah (*Groundwater*) pada daerah BRG telitian, sebagai berikut:

1. Kondisi Hidrogeologi tergantung pada batas hidrogeologi (cekungan airtanah) daerah telitian. Cekungan airtanah daerah telitian berdasarkan proses penambahan debit curah hujan yang besar, dan pengaliran dan pelepasan airtanah berlangsung, bersumber dari dua aliran airtanah yakni (a) aliran airtanah dari Gunung Kendalisodo arah aliran mengalir langsung menuju ke arah timur laut sedangkan (b) aliran airtanah yang mengalir dari Gunung Ungaran mengalir langsung dan bersifat penyebaran luas lebih membelok ke arah utara.
2. Besaran variable Hidrologi daerah telitian dalam penentuan Kesetimbangan Airtanah mengacu pada Konsep nilai *inflow* sama dengan *outflow*. Variable Hidrologi sebagai *inflow* yakni Curah Hujan (CH) bernilai rata-rata 8302 mm/tahun, sedangkan sebagai Total *Outflow* yakni nilai Evapotranspirasi (ET) rata-rata 2726,6 mm/th, Infiltrasi (R) bernilai rata-rata $2,02 \times 10^7$ mm/tahun, dan Nilai Limpasan (*Run Off* (RO) sebesar rata-rata 1316,3 mm/tahun didapatkan Kesetimbangan airtanah daerah penelitian bernilai negatif (-) yakni *inflow* < *outflow*
3. Kesetimbangan airtanah berdasarkan konsep *inflow* sama dengan *outflow* dan perhitungan hidrologi mengalami penurunan pada tiap tahun untuk 4 tahun akhir data pengamatan menunjukkan nilai negatif semakin besar, sebagai berikut: (a) tahun pertama $-4,01 \times 10^7$, (b) tahun kedua $-5,63 \times 10^7$, (c) tahun ketiga $-3,10 \times 10^7$, (d) tahun keempat $-4,72 \times 10^7$.

DAFTAR PUSTAKA

1. Afifah, R.S, 2008, **Laporan Tugas Akhir: Kajian Kondisi Hidrogeologi Daerah Bergas dan Sekitarnya**, Kabupaten Semarang Jawa Tengah, Teknik Geologi, Univeristas Diponegoro Semarang, Tidak dipublikasikan
2. Afrizal N, 2003, **Analisa Ketersediaan air Danau Maninjau ditinjau dari Data Curah Hujan**, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Bung Hatta
3. Asdak, C., 2007, **Hidrologi dan Pengelolaan daerah Aliran Sungai edisi revisi 4th**, UGM Yogyakarta
4. J. Kodoatie, 1996, **Pengantar Hidrogeologi**, Teknik Sipil Fakutas Teknik, Universitas Diponegoro, Penerbit Andi Yogyakarta
5. Juanda D dan Lubis R.F, 2000, **Geometri Akuifer dan relasi aliran sungai**, Teknik Geologi, ITB, Bandung
6. Rinaldi, 2015. **Modul Perhitungan Neraca Air Studi Kasus Kota Cirebon**.ITB
7. Salsabila, A., dan Irma L.N, 2020, **Pengantar Hidrologi**, Aura, CV. Anugrah Utama Raharja, Lampung
8. Sosrodarsono S dan Kensaku, 2003, **Hidrologi untuk perairan cetakan 9th**, Direktur Jendral Pengairan Departemen PU dan Tenaga Listrik, Jakarta
9. Sharma P.V., 1997, **Environmental and Engineering Geophysisc**, Copenhagen University, Cambridge
10. Triatmodjo, B., 2008, **Hidrologi Terapan edisi 1th**, Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta

Halaman ini sengaja dikosongkan