

Penentuan Zona Recharge Cekungan Airtanah Subang dengan Menggunakan Pengujian Isotop Stabil

Villa Della Fonte F*, Yunus Ashari, Yuliadi

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

* villafonte04@gmail.com, yunusashari@unisba.ac.id, yuliadi@unisba.ac.id

Abstract. Subang District is one of the regions in Indonesia with a large enough groundwater potential (as evidenced by the number of springs found), and is used by the local community and industry as the main source of meeting water needs. However, not all industries and communities throughout the Subang area can benefit from the potential benefits of groundwater. This is due to restrictions on the use of groundwater in the Subang area, which is believed to be a Conservation Zone. This zone is determined because the area is included in the recharge area. The purpose of this research is to determine the equation of the local meteoric line (LMWL - Local Meteoric Water Line) as a standard for rain infiltration in CAT, to determine the groundwater group based on its isotope composition, and to determine the recharge zone based on its isotope composition. The method used in determining the recharge zone can be done by using environmental isotopes in the field of hydrogeology, one of which is through the analysis of the stable isotope composition of Deuterium and Oxygen-18, whose utilization can determine the recharge zone and also the origin of groundwater. In this study, the results of stable isotope testing in the form of an LMWL (local meteoric water line) of $\delta^2\text{H} (\text{‰}) = 20,6361 + 8,4008 \delta^{18}\text{O}$ still similar to Global Meteoric Water Line (GMWL) as big as $\delta^2\text{H} (\text{‰}) = 10 + 8 \delta^{18}\text{O}$. and obtained 2 groups of groundwater, the result of which the intersection of rainwater and each group of groundwater is enriched with the composition of isotope values. $\delta^2\text{H} (\text{‰})$ dan $\delta^{18}\text{O} (\text{‰})$ each for groundwater groups A and B of ($\delta^2\text{H} (\text{‰}) = - 42,7168$ and $\delta^{18}\text{O} (\text{‰}) = - 7,5413$) and ($\delta^2\text{H} (\text{‰}) = - 45,5312$ and $\delta^{18}\text{O} (\text{‰}) = - 7,8763$). As for the recharge zone in the Subang Groundwater Basin, it is at an elevation of 925 to 970 masl. From this research it can be concluded that the recharge area in the subang area is sourced at an elevation of 925 to 970 masl which is located in the southern direction of Subang, thus this area needs to be given special attention, especially in the protection of the area in terms of land use so that water sustainability can be maintained until this point. output or discharge zone.

Keywords: Groundwater Basin, Recharge, Stable Isotop Deuterium and Oxygen-18.

Abstrak. Kabupaten Subang merupakan salah satu wilayah di Indonesia dengan potensi airtanah yang cukup besar (dibuktikan dengan banyaknya mata air yang dijumpai), dan dijadikan oleh masyarakat maupun industri sekitar sebagai sumber utama pemenuhan kebutuhan air. Namun, tidak semua industri maupun masyarakat seluruh kawasan Subang dapat merasakan manfaat potensi airtanah tersebut. Hal ini dikarenakan adanya pembatasan akan pemanfaatan airtanah di Kawasan Subang yang diyakini sebagai Zona Konservasi. Zona ini

ditetapkan karena kawasan tersebut termasuk ke dalam kawasan recharge (resapan). Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui persamaan garis meteorik lokal (LMWL – Local Meteoric Water Line) sebagai standard resapan hujan di dalam CAT, mengetahui kelompok airtanah berdasarkan komposisi isotopnya, dan menentukan zona recharge berdasarkan komposisi isotopnya. Adapun metode yang

digunakan dalam menentukan zona recharge dapat dilakukan dengan menggunakan isotop lingkungan di bidang hidrogeologi, salah satunya melalui analisis komposisi isotop stabil Deuterium dan Oksigen-18 yang pemanfaatannya dapat menentukan zona recharge dan juga asal-usul airtanah. Dalam penelitian ini didapatkan hasil pengujian isotop stabil berupa garis LMWL (local meteorical water line) sebesar $\delta 2H (\text{‰}) = 20,6361 + 8,4008 \delta 18O$ masih serupa dengan Global Meteoric Water Line (GMWL) sebesar $\delta 2H (\text{‰}) = 10 + 8 \delta 18O$. dan didapatkan 2 kelompok air tanah yang hasil perpotongan antara air hujan dengan masing-masing kelompok air tanah mengalami pengayaan dengan komposisi nilai isotop $\delta 2H (\text{‰})$ dan $\delta 18O (\text{‰})$ masing masing untuk kelompok air tanah A dan B sebesar ($\delta 2H (\text{‰}) = - 42,7168$ dan $\delta 18O (\text{‰}) = - 7,5413$) dan ($\delta 2H (\text{‰}) = - 45,5312$ dan $\delta 18O (\text{‰}) = - 7,8763$). Adapun untuk zona recharge di Cekungan Air Tanah Subang berada pada elevasi 925 hingga 970 mdpl. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa Kawasan recharge di daerah Subang bersumber pada elevasi 925 hingga 970 mdpl yang terletak di selatan Subang, dengan demikian pada Kawasan ini perlu diberikan perhatian khusus terutama dalam perlindungan Kawasan dalam hal tata guna lahan agar kelestarian air dapat terjaga sampai dititik keluaran atau zona discharge.

Kata Kunci: Cekungan Airtanah (CAT), Recharge, Isotop Stabil Deuterium dan Oksigen-18.

1. Pendahuluan

Kabupaten Subang merupakan salah satu wilayah di Indonesia dengan potensi airtanah yang cukup besar (dibuktikan dengan banyaknya mata air yang dijumpai), dan dijadikan oleh masyarakat maupun industri sekitar sebagai sumber utama pemenuhan kebutuhan air. Namun, tidak semua industri maupun masyarakat seluruh kawasan Subang dapat merasakan manfaat potensi airtanah tersebut. Hal ini dikarenakan adanya pembatasan akan pemanfaatan airtanah di Kawasan Subang yang diyakini sebagai Zona Konservasi. Zona ini ditetapkan karena kawasan tersebut termasuk ke dalam kawasan recharge (resapan).

Mengacu pada Undang-undang No.17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air, maka agar pemanfaatan air di suatu wilayah dapat berjalan dengan baik, diperlukan manajemen CAT, di antaranya adalah dengan melakukan penentuan batasan Zona Konservasi, yaitu zona recharge. Karena dengan diketahuinya zona ini, maka suatu wilayah yang termasuk kedalamnya harus dilakukan perlindungan, terutama dalam tata guna lahannya agar kelestarian airtanah dapat dijaga. Dalam menentukan zona recharge dapat menggunakan isotop lingkungan di bidang hidrogeologi, salah satunya melalui analisis komposisi isotop stabil Deuterium dan Oksigen-18 yang pemanfaatannya dapat menentukan zona recharge dan juga asal-usul airtanah (Hendrasto, et al.,2013). Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sebagai berikut :

1. Menentukan persamaan garis meteorik lokal (LMWL~ Local Meteoric Water Line) sebagai standard resapan hujan di dalam CAT;
2. Mengetahui kelompok airtanah berdasarkan komposisi isotopnya;
3. Menentukan zona recharge berdasarkan komposisi isotopnya

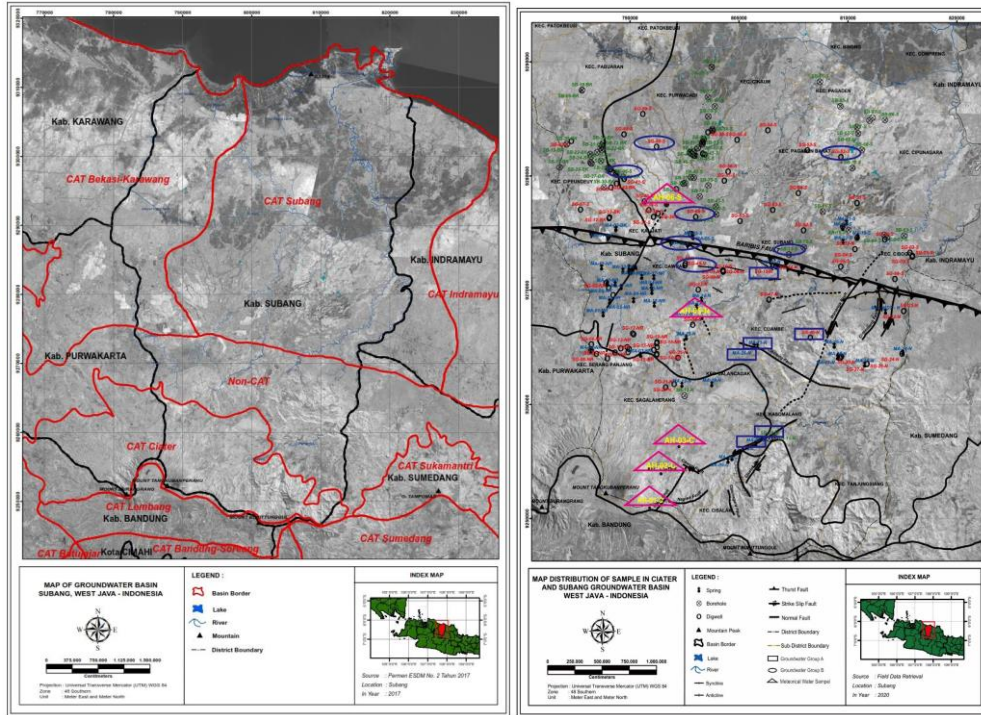
2. Metodologi

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan sampel air hujan, sumur gali, mata air dan juga sumur bor di lokasi yang telah ditentukan untuk dianalisis komposisi isotopnya. Pengambilan data berupa koordinat dan elevasi tiap sampel, serta detail mengenai kondisi umum pengambilan sampel seperti cuaca, jarak pengambilan sampel dengan irigasi sekitar, singkapan (jika terlihat pada mata air), dan informasi terkait dengan lokasi sampel. Adapun metode yang digunakan dalam menentukan zona recharge dapat dilakukan dengan menggunakan isotop lingkungan di bidang hidrogeologi, salah satunya melalui analisis uji statistik komposisi isotop

stabil Deuterium dan Oksigen-18 yang pemanfaatannya dapat menentukan zona recharge dan juga asal-usul airtanah.

3. Pembahasan dan Diskusi

Lokasi penelitian berada di Kabupaten Subang, Provinsi Jawa Barat dengan cakupan 3 zona CAT, yaitu CAT Ciater, Non-CAT, dan CAT Subang. Total sampel berjumlah 18 sampel dengan 5 diantaranya sampel air hujan, dan 13 diantaranya sampel airtanah (sumur gali, sumur bor, dan mataair).



Gambar 1. Peta Sebaran CAT Kabupaten Subang dan Peta Sebaran Sampel Isotop

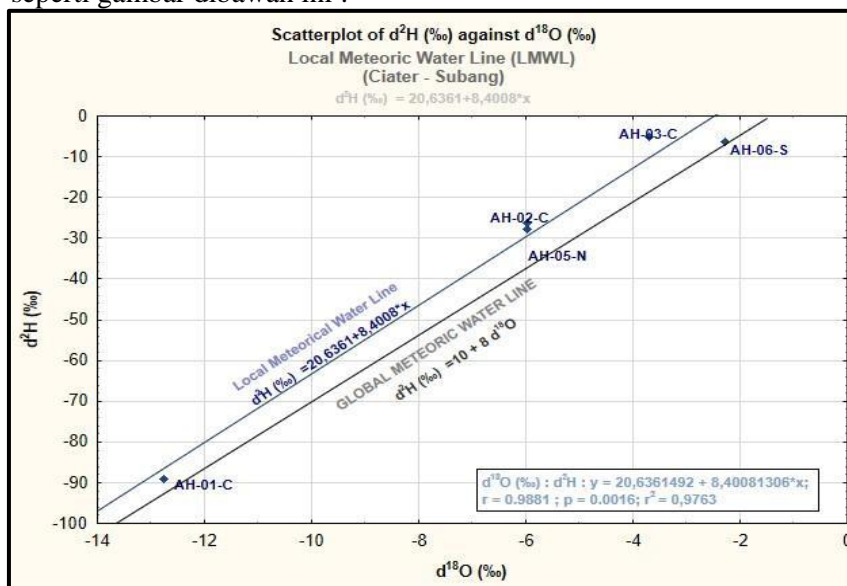
Sampel isotop yang telah dilakukan pengambilan pada masing-masing lokasi penelitian kemudian dilakukan pengujian isotop stabil di Laboratorium Hidrogeologi dan Hidrogeokimia Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan ITB, menggunakan alat Picarro *Water Stable Isotope Analyzer for water isotope* (H₂O) untuk ²H and ¹⁸O, Adapun hasil pengujiannya dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 1. Hasil Pengujian Isotop Stabil

No	Kode Sampel	Koordinat		Elevasi	Lokasi	δ18O (‰)	±	δ2H (‰)	±
		X	Y						
1	AH-01-C	791501,1	9250618,5	1475	Ciater	-12,765	0,021	-89,119	0,208
2	AH-2-C	792681,6	9253314,1	1175	Ciater	-5,966	0,004	-26,107	0,045
3	AH-03-C	794333,4	9256162,6	870	Ciater	-3,702	0,023	-5,163	0,124
4	AH-05-N	796194,4	9268173,8	285	Telaga Bogo	-5,977	0,043	-27,854	0,231
5	AH-06-S	792120,6	9276905,7	100	Kaljati	-2,272	0,022	-6,33	0,226
6	MA-07-N	801534,5	9256408,4	438	(Cimincul) Kasomalang	-7,484	0,013	-42,393	0,081
7	SB-12-N	802771,3	9256994,3	413	Tirta Investama (Aqua)	-7,28	0,059	-41,326	0,035
8	MA-26-N	795087,3	9265339,7	362,5	Cibinong	-7,528	0,019	-42,718	0,08
9	MA-11-N	801693,8	9264940,1	363	(Cibulakan) Cijambe,	-7,418	0,065	-42,207	0,08
10	SG-46-N	806552,6	9265833,0	325	Ds. Bantarsari, Cijambe	-7,366	0,011	-41,616	0,055
11	SG-15-N	803363,4	9272130,1	150	Pasir Karembi	-6,834	0,055	-39,058	0,083
12	SG-48-N	795025,4	9272147,1	200	Kp Ciharang Kec. Dawuan	-7,256	0,035	-42,619	0,039
13	MA-04-S	795733,9	9274590,3	88	(Cisaladah) Kec. Kaljati	-7,013	0,058	-41,164	0,045
14	SB-73-S	803921,6	9274357,5	81,37	RSUD Subang	-7,102	0,023	-41,432	0,027
15	SG-66-S	796026,5	9276419,2	75	Ds Kaljati Timur Kec Kaljati	-7,272	0,012	-42,675	0,019
16	SG-60-S	792431,4	9282566,7	60	Ds Maremang Kec Kaljati	-7,345	0,021	-43,716	0,089
17	SB-06-S	789375,6	9279907,0	55	Seolindo Primatama	-6,922	0,036	-40,763	0,011
18	SG-52-S	809352,1	9281661,7	37,5	Ds Gunung Sari, Kec Pagaden	-6,592	0,092	-39,992	0,06

Sumber : Data Pengujian Sampel Isotop, 2020

Kemudian data dilakukan pengujian statistik menggunakan aplikasi statistica10. Untuk pembuatan garis LMWL (*Local Meteoric Water Line*) didapatkan persamaan garis sebesar $\delta^2\text{H} (\text{‰}) = 20,6361 + 8,4008 \delta^{18}\text{O}$ yang masih serupa dengan garis GMWL-nya sebesar $\delta^2\text{H} (\text{‰}) = 10 + 8 \delta^{18}\text{O}$ seperti gambar dibawah ini :

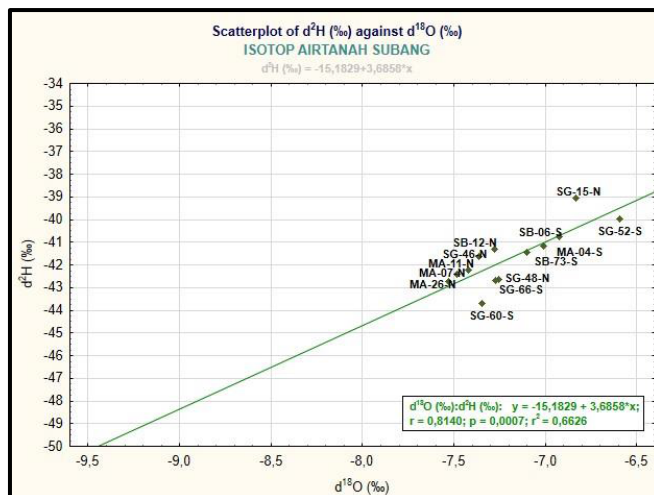


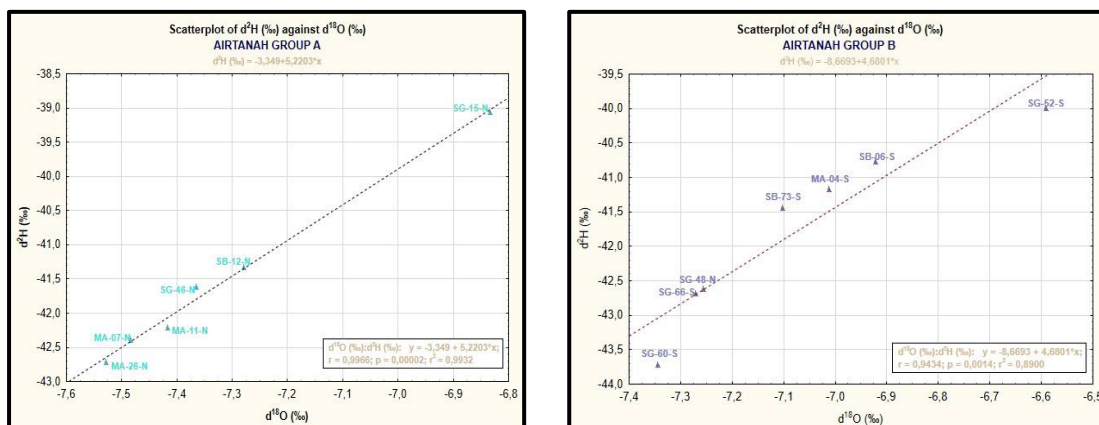
Gambar 2. Local Meteoric Water Line (LMWL) Kawasan Ciater-Subang

Dikutip dari Bambang Sunarwan, DKK dalam Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir PTNBR - BATAN tahun 2013, diketahui bahwa kemiringan garis LMWL dapat berubah-ubah setiap waktunya dan pergeseran gradien garis ini dapat mengindikasikan adanya perubahan karakter airtanah karena faktor iklim (mempengaruhi intensitas penguapan), maupun faktor lain seperti saat pengambilan sampel airtanah. (mempengaruhi kelembapan tanah atau akuifer) sehingga komposisi isotop stabil dapat berubah-ubah.

Penentuan Asal Usul Airtanah

Adapun untuk penentuan asal usul airtanah dapat dilakukan dengan mengeplot seluruh data airtanah kedalam grafik untuk dilihat nilai koefisien determinasinya. Jika hasilnya masih menunjukkan angka yang tidak mendekati angka 1 maka dilakukan pengelompokan ulang hingga mendapatkan nilai r^2 tertinggi. Setelah dilakukan pengelompokan ulang didapatkan dua kelompok air tamah yaitu kelompok airtanah group A dan kelompok airtanah group B.

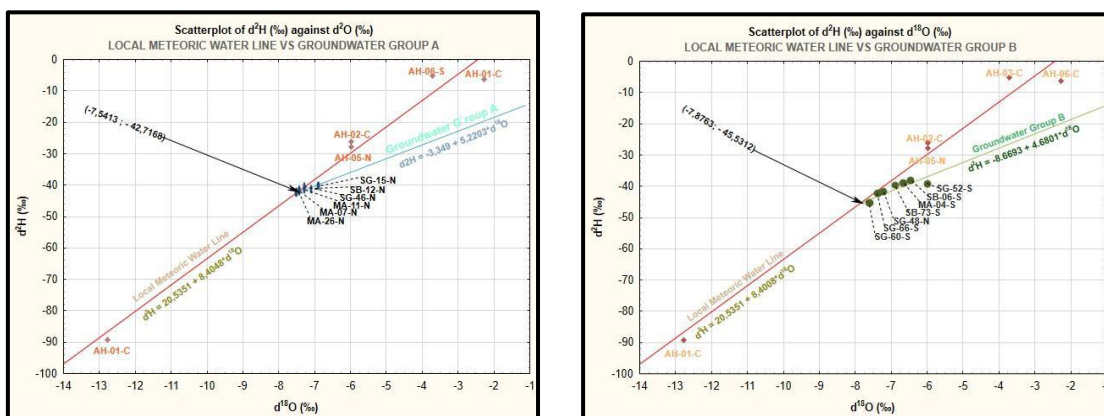




Gambar 3. Persamaan garis linear seluruh data airtanah Subang, Airtanah Group A, dan Airtanah Group B

Dalam penelitian ini akan didapatkan hasil pengujian statistik seperti nilai signifikansi model (p) yang mana jika nilai dari $p < 0,05$, maka model signifikan artinya $\delta^{18}O$ berpengaruh pada δ^2H . Kemudian nilai regresi / korelasi (r), yang mana jika nilainya semakin mendekati angka 1, maka korelasinya akan semakin kuat, artinya $\delta^{18}O$ memiliki hubungan yang kuat dengan δ^2H . Selanjutnya, nilai koefisien determinasi (r^2) nilai ini menunjukkan seberapa besar pengaruh $\delta^{18}O$ terhadap δ^2H , semakin mendekati 1 maka semakin bagus.

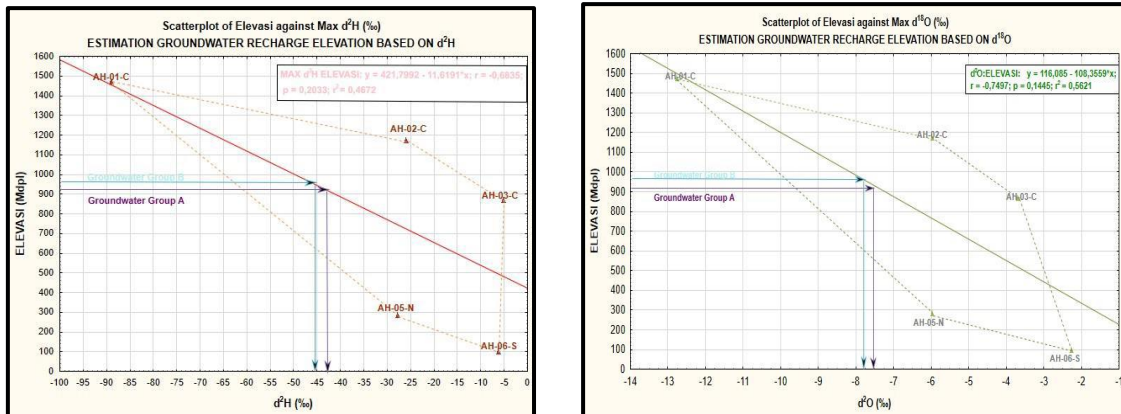
Pada penelitian ini ketika seluruh data airtanah dilakukan pengeplotan didapatkan hasil uji statistika yang kurang valid dikarenakan nilai koefisien determinasinya menunjukkan nilai sebesar 0,66, sedangkan untuk menghasilkan data analisis isotop stabil yang valid diperlukan nilai koefisien determinasi tertinggi dalam menentukan asal-usul air tanah, sehingga dengan menggunakan metode coba-coba didapatkan dua kelompok airtanah yaitu group A dan group B yang hasil pengujian statistiknya menunjukkan angka data yang valid ($r_A = 0,9966$ dan $r_B = 0,9434$).



Gambar 4. Hubungan LMWL dengan Airtanah Group A dan Hubungan LMWL dengan Airtanah group B

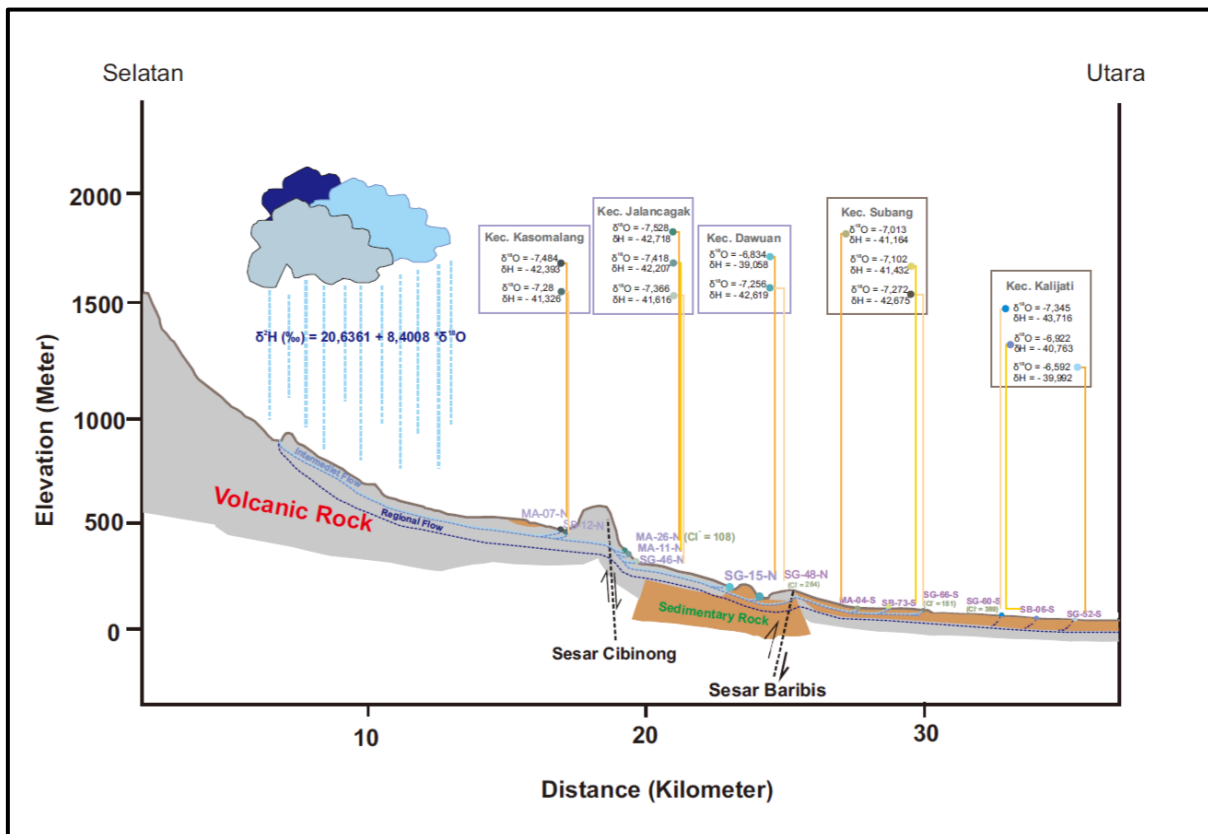
Setelah didapatkan masing-masing persamaan garis dari kedua kelompok airtanah tersebut, dilakukan proses korelasi persamaan garis dengan mensubtitusi persamaan garis air hujan $\delta^2H (\%) = 20,6361 + 8,4008 \delta^{18}O$ dengan masing-masing kelompok airtanah (Group A = $\delta^2H (\%) = -3,349 + 5,2203 \delta^{18}O$; Group B $\delta^2H (\%) = -8,6693 + 4,6801 \delta^{18}O$) dan

didapatkan nilai dari perhitungan substitusi kelompok airtanah A sebesar $\delta 2H (\%) = -42,7168$ dan $\delta 18O (\%) = -7,5413$ sedangkan untuk kelompok airtanah B sebesar $\delta 2H (\%) = -45,5312$ dan $\delta 18O (\%) = -7,8763$. Dari hasil titik perpotongan antara air hujan dengan masing-masing kelompok airtanah, dapat dikatakan bahwa kedua kelompok airtanah tersebut mengalami pengayaan dari air hujannya, Hal ini dapat dibuktikan dengan keberadaan dari garis kemiringan linier airtanah yang semakin melandai. Setelah didapat titik potongnya dapat dilakukan penentuan elevasi zona recharge dengan mengkorelasi ke titik elevasi pengambilan sampel air hujan dan juga komposisi isotopnya sebagai berikut :



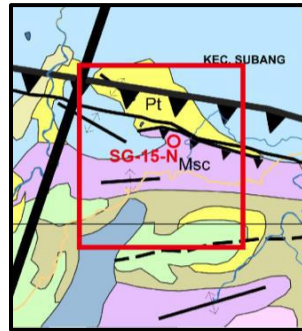
Gambar 5. Penentuan Titik Elevasi Recharge yang diplot ke dalam Isotop Deuterium $\delta 2H (\%)$ dan Penentuan Titik Elevasi Recharge yang diplot ke dalam Isotop Deuterium $\delta 18O (\%)$

Melalui penentuan elevasi zona *recharge*, dapat diketahui bahwasannya seluruh sampel airtanah yang diambil di beberapa titik lokasi penelitian bersumber dari elevasi 925-970 mdpl. Yang dapat dilihat pada penampang elevasi sebagai berikut :



Gambar 6. Penampang Elevasi Zona *Recharge*

Dalam pengelompokan airtanah ini terdapat nilai anomali yaitu pada sampel airtanah SG-15-N yang mengalami pengayaan. Jika dilihat dari formasinya (Gambar 9) sampel SG-15-N berada di Formasi Subang Anggota Batu Lempung (Msc) yang tersusun atas beberapa batuan, seperti batulempung, batugamping napalan, napal, dan batugamping abu tua.



Gambar 7. Lokasi Sampel SG-15-N di Peta Geologi Kabupaten Subang

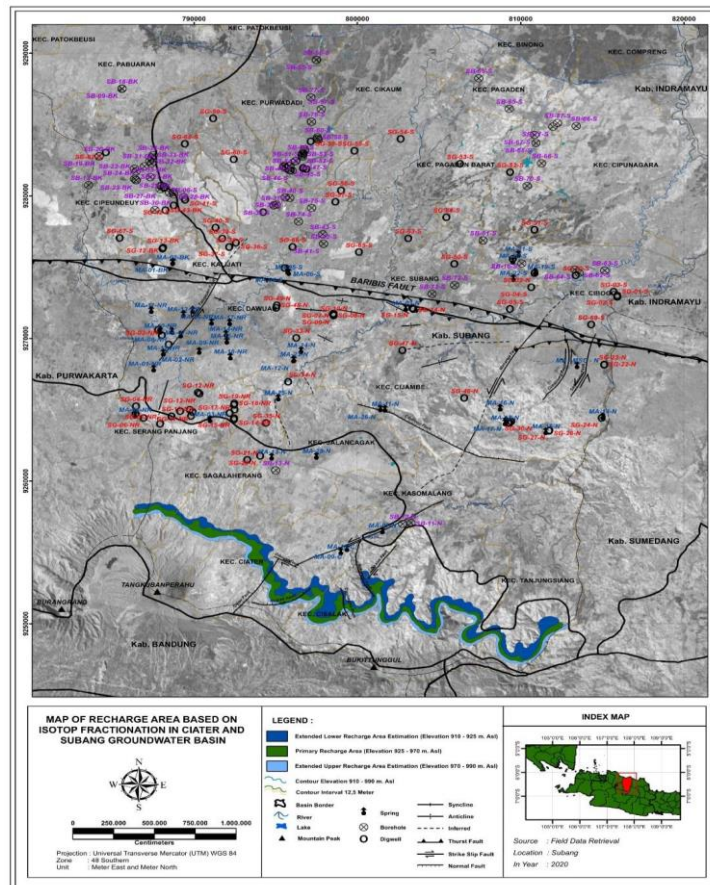
Dalam formasi ini terdapat beberapa batuan yang dapat memperkaya kandungan komposisi isotop $\delta 18\text{O}$ (‰), yaitu batuan karbonat salah satunya batugamping. Menurut Drever (1988), proses fraksionasi terjadi akibat adanya transfer 16O air recharge kepada karbonat (dalam hal ini mineral kalsit) yang dipertukarkan dengan 18O hasil rekristalisasi kalsit kepada air, besarnya tergantung kepada rasio efektif masa air terhadap kalsit yang bereaksi. Sehingga berdasarkan pernyataan tersebut, maka nilai $\delta 18\text{O}$ (‰) di SG-15-N akan mengalami enrichment atau pengayaan dibandingkan dengan sampel yang lain di kelompok airtanah A. Sedangkan untuk group B, dari ketujuh sampel ini memiliki 5 sampel yang mirip, namun terdapat 2 sampel airtanah yang nilai isotopnya ($\delta 2\text{H}$ (‰) dan $\delta 18\text{O}$ (‰)) cukup berbeda, yaitu pada sampel SB-06-S dan SG-52-S.

Kedua sampel ini berada pada formasi yang mampu meloloskan dan menyarangkan air, serta tidak dijumpai batuan yang dapat berinteraksi dengan kedua unsur isotop stabil yang menyebabkan terjadinya pengayaan. Namun, hasil pengujian menunjukkan kedua sampel tersebut memiliki kandungan isotop yang paling mengalami pengayaan di antara sampel lainnya.

Hal ini dapat diindikasikan kedua sampel tersebut mengalami pengayaan akibat evolusi isotop airtanah di mana komposisinya semakin mendekati kandungan air laut. Adapun untuk sampel sumur gali (SG-52-S) lokasinya berdekatan dengan tempat pembuangan sampah yang jaraknya kurang dari 10 m dari sumur dan juga berada pada formasi yang mampu meloloskan serta menyarangkan air.

Karena sampel ini berupa airtanah dangkal, umumnya air permukaan yang masuk (infiltrasi) kedalam zona tidak jenuh (unsaturated zone / vadose zone) akan meresap hingga melewati Muka Airtanah (MAT / water table) yang kemudian melewati zona jenuh dan menjadi airtanah. Melalui proses tersebut dan juga kedalaman sumur gali yang tidak terlalu dalam, maka kemungkinan air lindi bercampur dengan airtanah dangkal sangat mungkin terjadi dan mengakibatkan proses pengayaan airtanah dengan sistem peresapan local.

Air lindi merupakan air hasil pembusukan sampah dengan kandungan senyawa kimia berupa H_2S yang jika bereaksi dengan air maka akan mengakibatkan pengayaan nilai H_2 sehingga mempengaruhi nilai dari kandungan sampel isotop airtanah dangkal tersebut. Adapun peta delineasi hasil penentuan zona *recharge* Kabupaten Subang dapat dilihat pada gambar 10 di bawah ini :



Gambar 8. Penentuan Zona Elevasi Recharge Kab. Subang

4. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian didapatkan kesimpulan berupa, setelah dilakukan analisis komposisi isotop deuterium dan oksigen 18 terhadap pembuatan persamaan garis Local Meteorical Water Line (LMWL) didapatkan nilai persamaan sebesar sebesar $\delta 2H (\text{‰}) = 20,6361 + 8,4008 \delta 18O$. Setelah dilakukan analisis komposisi isotop deuterium dan oksigen 18 terhadap penentuan asal usul air tanah diketahui bahwa Cekungan airtanah subang memiliki dua kelompok air tanah A dan B. setelah dilakukan korelasi terhadap garis LMWL didapatkan titik potong berupa komposisi nilai deuterium dan oksigen-18 untuk kelompok airtanah A sebesar $\delta 2H (\text{‰}) = -42,7168$ dan $\delta 18O (\text{‰}) = -7,5413$ dan kelompok air tanah B sebesar $\delta 2H (\text{‰}) = -45,5312$ dan $\delta 18O (\text{‰}) = -7,8763$. Keduanya sama-sama mengalami pengayaan karena posisi garisnya yang lebih melandai dibandingkan dengan garis LMWL. Pada nilai komposisi isotop masing-masing kelompok air tanah yang didapat hasil korelasi terhadap air hujan, dilakukan plot ulang pada grafik elevasi untuk mengetahui titik elevasi zona recharge. Dari pengeplotan tersebut didapatkan bahwa elevasi zona recharge untuk daerah Cekungan Airtanah Subang didapat pada elevasi 925 dan 970 mdpl yang terletak di sebelah selatan subang. Sehingga pada daerah tersebut perlu diberikan perhatian khusus agar kelestarian air di area keluaran dapat terjaga.

Dalam melakukan kegiatan penelitian ini terdapat hal-hal yang perlu di perhatikan seperti, penanganan sampel isotop yang sangat rentan terhadap penguapan, untuk itu pada saat pengambilan sampel dan proses transportasi dari titik pengambilan menuju lab, diperlukan alat penjaga kestabilan suhu seperti Ice Box dan sesegera mungkin memasukan sampel kedalamnya agar menghindari proses penguapan. Senantiasa mencatat kondisi cuaca dan juga keadaan sekitar serta informasi terkait keadaan mata air, sumur gali, dan juga sumur bor, baik pada saat musim kemarau maupun pada saat musim hujan. Sebagai data penunjang. Pada saat proses pengambilan sampel air hujan, diperlukan luas penampang yang cukup luas untuk

mengumpulkan sampel air hujan. Sehingga pada proses pengambilan sampel air hujan ada baiknya membawa plastik dengan luasan yang cukup kemudian dibersihkan terlebih dahulu dengan menggunakan aquades agar sebelum air masuk kedalam botol sampel tetap terjaga kemurniannya.

Acknowledge

Berisi ucapan terima kasih telah terlaksananya penelitian Anda

Daftar Pustaka

- [1] Ashari, Yunus., 2015. “Kontrol Sesar Terhadap Sistem Akuifer dan Sistem Aliran Airtanah,dan Akibat Keberadaannya Terhadap Hidrokimia Cekungan Airtanah Bandung Bagian Timur”, Universitas Padjajaran, Bandung.
- [2] Ashari, Yunus., Pulungan, L., Wijaksana, I.K., Isniarno, N.F and Mildan, D.2019 “Groundwater Study in Subang Industrial Park and Its Recharge Area as a Suggestion for Establishing Recharge and Discharge Zones of Subang Groundwater Basin”. Proceeding Science and Technology Research Symposium – Unisba Bandung.
- [3] Ashari, Yunus., 2020. “Kajian Lanjutan Delineasi Zona Resapan CAT Subang dan CAT Ciater Provinsi Jawa Barat”, Dinas ESDM Provinsi Jawa Barat. (Dalam proses akan dipublikasi).
- [4] Back, W., and Freeze, R.A., 1983. “Chemical Hydrogeology” , Editors Bench-mark Papers in Geology /73, Hutchinson Ross Publishing Company, Stroudsburg, Pennsylvania, 415 p.
- [5] Barbieri, Maurizio. 2019. “Isotopes in Hydrology and Hydrogeology”.Departement of Earth Sciences, Sapienza University of Rome, Piazzale Aldo Moro5, 00185 Roma, Italy.
- [6] Bemmelen, R.W., van, 1949; “The Geology of Indonesia, The Hague Martinus Nijhoff”, vol. 1A, 732 h.
- [7] Bleackney, W., Gould, A. J., 1993. “ The Relative abundance of Hydrogen Isotopes”, Phys. Rev. 44,265.
- [8] Clayton, R.N., Friedman, I., Graft, D.L., Mayeda T.K., Meents, W.F., and Shimp, N.F., 1966. “The Origin of Saline Formation Water, 1. Isotopic Composition”, Journal Geophys. Res.,71(16), American Geophysical Union, 3869 - 3882 pp.
- [9] Clustius, K., Dickel, G., Becker, E. 1943, “Pure Representation of Heavy Oxygen - isotopes 18O2 and Nitrogen 14N15N”, Natural Sciences 31,210.
- [10] D.K. Todd. Wiley., 1980. “Groundwater Hydrology (2nd edn)”, New York
- [11] Dansgaard, W., 1964. “Stable Isotopes in Precipitation”, Tellus, 16(4), Swedish Geophysical Society, 436-468 pp.
- [12] Darsono, 2016. “Identifikasi Akuifer Dangkal dan Akuifer Dalam dengan Metode Geolistrik” (studi kasus : kecamatan Masaran, Sragen), Indonesian Journal of Applied Physics. 40-49.
- [13] Dostrowsky, I., Raviv, A. 1958, “Separation of the heavy isotopes of oxygen by distillation”, Isotope Separation (Proc Int. Symp. Amsterdam, 1957) (KISTEMAKER, J., BIGELEISEN, J., NIER, A.O.C., Eds), p.336, North Holland, Amsterdam
- [14] Drever, J.I., 1988; “The Geochemistry of Natural Waters”; Prentice-Hall 2nd, Englewood Cliffs, 437 p.
- [15] Freeze, R.A., & Cherry, J.A., 1979. “Groundwater”, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 604 p.
- [16] Friedman, I.,1953.Deuterium Content of Natural Waters and Other Substances, Geochim. Cosmochim. Acta, 4(1-2), 89 - 103 pp.
- [17] Fritz, P. , Fontes, J. Ch. 1980. “Environmental Isotopes In Groundwater Hydrology” Handbook of Environmental Isotope. Vol 1. Netherlands.
- [18] Gat JR. 1996. “Oxygen and Hydrogen Isotopes In The Hydrologic Cycle.” Department of Environmental Sciences and Energy Research, WeizmannInstitute of Science, 76100

Rehovot, Israel.

- [19] Giauque, W.F., Johnston, H.L. 1929, "An isotope of oxygen, mass 18", J. Am. Chem. Soc. 51,1436
- [20] Gonfiantini, R., Araguas, L.A. 1988. Isotop lingkungan dalam studi tentang intrusi laut, TIAC' 88, Teknologi Intrusi Akuifer Pesisir, IAEA, Wina.
- [21] Hagemann, R., Hief, G., Roth, E. 1970. "Absolute Isotopic Scale for Deuterium Analysis of Natural Waters." Absolute D/H ratio for SMOW, Tellus 22, 712.
- [22] Hendrasto, fajar., dan Sunarwan, B., 2013. "Pemanfaatan Isotop Lingkungan Di Daerah Cekungan Airtanah Bandung" Jurnal TEkonologi Vol 1.
- [23] International Atomic Energy Agency (IAEA), 1983. "Guidebook on Nuclear Techniques in Hydrogeology", Technical Reports Series No. 91, Vienna 439 p.
- [24] Karolytè, Rūta., Serno, Sascha., Johnson, Gareth., Stuart M.V. Gilfillan. 2017. "The Influence of Oxygen Isotope Exchange Between CO₂ and H₂O in Natural CO₂-rich Spring Waters: Implications for Geothermometry". 1School of GeoSciences, University of Edinburgh, Grant Institute, James Hutton Road, 5 Edinburgh, EH9 3FE, U.K.
- [25] Koesoemadinata, R.P dan Hartono, D. 1981. "Stratigrafi dan Sedimentasi Daerah Bandung", Proc. PIT X IAGI, Bandung.
- [26] Krauskopf, K.B., 1979. "Introduction to Geochemistry", International Student Edition, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., 617 p.
- [27] LLoyd, J.W.,and Heathcote, J.A., 1985. "Natural Inorganic Hydrochemistry in Relation to Groundwater, An Introduction", Clarendon Press - Oxford, 296 p.
- [28] Martodjojo, S., 1984; Evolusi Cekungan Bogor Jawa Barat, Disertasi Doktor Fakultas Pascasarjana Institut Teknologi Bandung, 396 h.
- [29] Sunarwan, Bambang., Irawan, Erwin. I., Puradimaja, Deny. J., Notosiswoyo, S. 2013., Perubahan Karakter Isotop 2H dan 18O Air Tanah Pada Akuifer Dangkal Di CAT Bandung-Soreang.
- [30] Stumm W . & Morgan, J.J., 1981. "Aquatic Chemistry, an Introduction Emphasizing Chemical Equilibriain Natural Waters"; 2nd Ed., John Willey & Son, NY-Chichester-Brisbane-Toronto-Singapore.
- [31] Zuidam, R.A. Van., 1983 : "Guide to Geomorphologic Aerial Photographic Interpretation and Mapping", ITC, Enschede The Netherlans, 325 hal.
- [32] Prahasta Guntur Indra, Yuliadi, Moralista Elfida. (2021). *Redesign Geometri Lereng Penambangan Batugamping Kuari C di PT X Kecamatan Palimanan Kabupaten Cirebon Provinsi Jawa Barat*. Jurnal Riset Teknik Pertambangan, 1(1), 30-38.