

SISTEM AIR TANAH DI LERENG UTARA KOMPLEKS GUNUNG BROMO-TENGGER DAN PENGARUH AKTIVITAS VULKANIK TERHADAP PEMBENTUKAN MATA AIR UMBULAN DI KAB. PASURUAN JAWA TIMUR

Oleh M. Haris Miftakhul Fajar
16/407989/STK/00630

INTISARI

Di lereng sisi utara Kompleks Gunung Bromo-Tengger terdapat potensi sumber daya air tanah yang sangat besar, ditandai dengan adanya Mata Air Umbulan dengan debit ± 3.500 l/s dan ratusan sumur artesis. Telah banyak penelitian yang telah dilakukan terkait sistem air tanah di lokasi penelitian, namun belum ada yang menggunakan data stratigrafi batuan dari survei lapangan dalam penyusunan sistem air tanah tersebut. Disisi lain, penelitian terkait keterbentukan Mata Air Umbulan menyimpulkan hasil yang berbeda-beda. Kurangnya survei geologi detail di sekitar Mata Air Umbulan serta data bawah permukaan yang hanya terbatas pada data geolistrik ditengarai sebagai lingkup metode penelitian yang perlu dilengkapi untuk mendapatkan hasil yang lebih komprehensif. Oleh karena itu dalam penelitian ini bertujuan untuk menentukan susunan hidrostratigrafi, menentukan fasies air tanah dan daerah imbuhan untuk dapat membuat model konseptual sistem air tanah di lokasi penelitian. Kebaharuan penelitian ini dibanding penelitian sebelumnya terletak pada metode penelitian, dimana dalam penelitian ini menggunakan kombinasi data dari survei geologi, pemboran, geolistrik, petrografi, geokimia, permeabilitas, hidrokimia unsur mayor dan isotop serta pengukuran stratigrafi batuan. Kaitannya dengan keterbentukan Mata Air Umbulan, dalam penelitian ini bertujuan untuk menentukan morfologi dan stratigrafi batuan serta geologi bawah permukaan di sekitar Mata Air Umbulan, sehingga dapat dibuat model konseptual keterbentukan Mata Air Umbulan. Kebaharuan penelitian ini dibanding penelitian sebelumnya dalam mengidentifikasi keterbentukan Mata Air Umbulan terletak pada metode penelitian yang mengkombinasikan data GPS elevasi topografi, survei stratigrafi batuan, data geolistrik resistivitas 2D, data gaya berat, dan data audiomagnetotelurik. Berdasarkan hasil analisis stratigrafi batuan di lokasi penelitian, tersusun oleh Jatuhan Piroklastik Tengger sebagai kelompok batuan paling muda, lalu Lava Tengger dan material hasil aktivitas vulkanik samping yang membentuk gunung api monogenetik, dan kelompok paling tua adalah Vulkaniklastik Pra-Tengger sebagai produk kerucut vulkanik sebelum KGBT yang sekarang. Secara hidrostratigrafi tersusun oleh 4 akuifer dengan rentang nilai permeabilitas 10^{-2} - $6,3 \times 10^{-3}$ m/s dan 6 akuitard, dengan rentang nilai permeabilitas $4,6 \times 10^{-7}$ - $1,4 \times 10^{-4}$ m/s. Fasies air tanah di lokasi penelitian berupa Ca-SO_4 dan campuran pada akuifer 4 serta Ca-HCO_3 pada akuifer 2, 3 dan 4. Akuifer 1 dan 2 merupakan akuifer bebas dan akuifer menggantung dengan aliran air tanah lokal, yang daerah imbuhan nya berasal dari elevasi yang hampir sama dengan kemunculan mata airnya. Walaupun memiliki aliran air tanah lokal, namun akuifer 1 memiliki konduktivitas listrik 275-671 $\mu\text{S/cm}$, sedangkan akuifer 2 sekitar 132-192 $\mu\text{S/cm}$ yang mengindikasikan adanya pengaruh sistem geotermal KGBT pada kedua akuifer ini. Akuifer 3 merupakan akuifer menggantung dan akuifer tertekan-semi tertekan dengan litologi breksi autoklastik,

sedangkan akuifer 4 merupakan akuifer tertekan-semi tertekan dengan litologi batupasir tufan. Kedua akuifer ini memiliki daerah imbuhan pada elevasi 528 - 1.177 mdpl. Perbedaan antara akuifer 3 dan 4 berdasarkan diagram *Fingerprint* adalah air tanah di akuifer 4 mengalami pengayaan unsur akibat jarak tempuh air tanah yang lebih besar. Pengkayaan unsur ini juga terlihat dari nilai konduktivitas akuifer 4 yang lebih tinggi yaitu 204-361 $\mu\text{S/cm}$, sedang akuifer 3 sekitar 109-164 $\mu\text{S/cm}$. Air tanah dari Mata Air Umbulan dan sumur artesis berasal dari akuifer 3 dan 4. Mata Air Umbulan terbentuk akibat letusan freatomagmatik yang terjadi ketika intrusi magma bersentuhan dengan akuifer tertekan-semi tertekan (akuifer 3 dan 4) di bawah permukaan. Letusan ini menyebabkan terbentuknya rekahan pada lapisan penutup akuifer sehingga air tanah dapat mengalir keluar dan membentuk Mata Air Umbulan. Indikasi adanya letusan freatomagmatik diperoleh dari data persebaran jatuhan piroklastik dengan komponen utama skoria yang hanya terdapat di sekitar Mata Air Umbulan pada radius < 500 m. Endapan jatuhan skoria ini memiliki perlapisan berarah radial sentrifugal menjauhi titik MAU dengan kemiringan 9° - 12° dan semakin landai (3° - 6°) ketika jarak endapannya menjauhi Mata Air Umbulan. Jatuhan skoria ini membentuk perbukitan dengan ketinggian 3 m - 8 m mengitari Mata Air Umbulan berbentuk tapal kuda. Kawah tempat Mata Air Umbulan muncul, memiliki kedalaman yang tidak terlalu besar sekitar 1 m - 4 m. Oleh karena itu berdasarkan bentuk geometrinya, MAU dapat disebut sebagai gunung api monogenetik *tuff ring*. Adanya intrusi magma ini didukung oleh data geolistrik, audiomagnetotelurik dan gaya berat yang menunjukkan anomali resistivitas dan densitas tinggi di bawah mata air berbentuk kerucut. Anomali resistivitas tinggi mencapai 225 Ωm - 400 Ωm pada kedalaman 100 m, dan meningkat sampai 8.192 Ωm pada kedalaman 280. Dari data gaya berat menunjukkan adanya anomali densitas tinggi mencapai 2,7 - 3 gr/cm^3 .

Kata kunci : Sistem Air Tanah, Artesis, Mata Air Umbulan, Freatomagmatik

GROUNDWATER SYSTEM ON THE NORTHERN SLOPE OF THE BROMO-TENGGER VOLCANO COMPLEX AND THE IMPACT OF VOLCANIC ACTIVITY ON THE FORMATION OF UMBULAN SPRINGS IN PASURUAN REGENCY, EAST JAVA

*By M. Haris Miftakhul Fajar
16/407989/STK/00630*

ABSTRACT

On the northern slope of the Bromo-Tengger Volcano Complex, there is a significant potential for groundwater resources, marked by the presence of Umbulan Spring with a discharge of approximately 3,500 l/s and hundreds of artesian wells. Many studies have been conducted regarding the groundwater system at the research site, but none have used rock stratigraphy data from field surveys in the development of the groundwater system. On the other hand, research related to the formation of Umbulan Springs has concluded with varying results. The lack of detailed geological surveys around Umbulan Springs and subsurface data limited to geoelectric data is suspected to be the scope of research methods that need to be supplemented to obtain more comprehensive results. Therefore, this research aims to determine the hydrostratigraphic arrangement, identify groundwater facies, and recharge areas in order to create a conceptual model of the groundwater system at the research location. The novelty of this research compared to previous studies lies in the research method, where this study uses a combination of data from geological surveys, drilling, resistivity, petrography, geochemistry, permeability, major element and isotope hydrochemistry, as well as rock stratigraphy measurements. In relation to the formation of Umbulan Spring, this research aims to determine the morphology, stratigraphy, and subsurface geology of the rocks around Umbulan Spring, so that a conceptual model of the formation of Umbulan Spring can be created. The novelty of this research compared to previous studies in identifying the formation of Umbulan Spring lies in the research method that combines GPS elevation topography data, rock stratigraphy surveys, 2D geoelectric data, gravity data, and audiomagnetotelluric data. Based on the results of the stratigraphic analysis of the rocks at the research location, they are composed of the Tengger Pyroclastic Fall as the youngest rock group, followed by the Tengger Lava and materials from parasitic cone activity that form monogenetic volcanoes, and the oldest group is the Pre-Tengger Volcaniclastic as the product of volcanic cones before the current KGBT. Hydrostratigraphically, it consists of 4 aquifers with a permeability range of 10^{-2} - $6,3 \times 10^{-3}$ m/s and 6 aquitards, with a permeability range of $4,6 \times 10^{-7}$ - $1,4 \times 10^{-4}$ m/s. The groundwater facies at the research site are Ca-SO_4 and a mixture in aquifer 1, and Ca-HCO_3 in aquifers 2, 3, and 4. Aquifer 1 and 2 are unconfined and perch aquifers with local groundwater flow, where the recharge area originates from elevations nearly equal to the emergence of its springs. Although they have local groundwater flow, aquifer 1 has an electrical conductivity of 275-671 $\mu\text{S/cm}$, while aquifer 2 has 132-192 $\mu\text{S/cm}$, indicating the influence of the KGBT geothermal system on both aquifers. Aquifer 3 is a perch aquifer and a semi-confined-confined aquifer with autoclastic breccia lithology, while aquifer 4 is a semi-confined-confined aquifer with tuffaceous sandstone lithology. Both

aquifers have recharge areas at elevations of 528 - 1,177 meters above sea level. The difference between aquifers 3 and 4 based on the Fingerprint diagram is that the groundwater in aquifer 4 experiences element enrichment due to the greater distance the groundwater travels. This element enrichment is also evident from the higher conductivity value of aquifer 4, which is 204-361 $\mu\text{S/cm}$, while aquifer 3 is 109-164 $\mu\text{S/cm}$. Groundwater from Umbulan Spring and artesian wells comes from aquifers 3 and 4. The Umbulan Spring was formed as a result of a phreatomagmatic eruption that occurred when magma intrusion came into contact with the confined-semiconfined aquifer (aquifer 3 and 4) beneath the surface. The eruption caused the formation of cracks in the aquifer's cover layer, allowing groundwater to flow out and create the Umbulan Spring. Indications of a phreatomagmatic eruption were obtained from the distribution data of pyroclastic falls, with scoria as a main component, and only found around Umbulan Spring within a radius of < 500 m. The deposits of scoria falls have a radial centrifugal layering pattern moving away from the Umbulan Spring point, with a slope of 9° - 12° , becoming shallower (3° - 6°) as the distance from the Umbulan Spring increases. These scoria falls form hills with a height of 3 m - 8 m surrounding the Umbulan Spring in a horseshoe shape. The crater where the Umbulan Spring appears has a depth that is not very deep, around 1 m - 4 m. Therefore, based on its geometric shape, Umbulan Spring can be referred to as a monogenetic tuff-ring volcano. The presence of this magma intrusion is supported by electrical resistivity tomography, audiomagnetotelluric, and gravity data that show high resistivity and density anomalies with conical shape beneath the spring. High resistivity anomalies reach 225 Ωm - 400 Ωm at a depth of 100 m and increase to 8,192 Ωm at a depth of 280 m. The gravity data indicate the presence of high-density anomalies reaching 2.7 - 3 gr/cm^3 .

Keyword : Groundwater System, Artesis, Umbulan Spring, Phreatomagmatic