

GEOLOGI DAN ANALISIS POROSITAS - PERMEABILITAS KALKARENIT KLITIK SEBAGAI AKUIFER AIR TANAH DAERAH KLITIH DAN SEKITARNYA, KECAMATAN PLANDAAN, KABUPATEN JOMBANG, PROVINSI JAWA TIMUR

Shella Al Fena¹

Email: -

Abstract

The Klitih area, located in Plandaan District, Jombang Regency, is part of the Kendeng Zone, which has a complex geological structure. This study aims to analyze the hydrogeological characteristics of the Klitik calcarenite unit in terms of porosity, permeability, petrography, and calcimetry to assess its potential as a groundwater aquifer. The methods used include surface geological mapping, laboratory analysis, and geological interpretation. The results indicate that the porosity of the Klitik calcarenite unit is very low (1.43%–1.86%), while its permeability values are relatively high (61.35 mD–850.76 mD). This suggests that although the rock has good pore connectivity for water flow, its water storage capacity is limited. Petrographic analysis reveals a grainstone structure with dominant fossil content (75–82%), while calcimetry analysis indicates a high CaCO₃ content (52.2%–97%), which reduces effective porosity. In conclusion, the Klitik calcarenite unit functions more as a water flow pathway rather than a groundwater reservoir. Therefore, proper groundwater management is necessary to optimize its utilization and mitigate drought risks.

Keywords: *Geology, Porosity, Aquifer*

Abstrak

Daerah Klitih, Kecamatan Plandaan, Kabupaten Jombang, termasuk dalam Zona Kendeng dengan struktur geologi kompleks. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik hidrogeologi satuan kalkarenit Klitik dalam aspek porositas, permeabilitas, petrografi, dan kalsimetri untuk menilai potensinya sebagai akuifer air tanah. Metode yang digunakan mencakup pemetaan geologi permukaan, analisis laboratorium, dan interpretasi geologi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa porositas satuan kalkarenit Klitik sangat rendah (1,43%–1,86%), sedangkan nilai permeabilitasnya cukup tinggi (61,35 mD–850,76 mD). Hal ini menunjukkan bahwa batuan memiliki konektivitas pori yang baik untuk aliran air tetapi kapasitas penyimpanan air yang terbatas. Analisis petrografi mengungkapkan struktur grainstone dengan kandungan fosil dominan (75–82%), sementara analisis kalsimetri menunjukkan kandungan CaCO₃ tinggi (52,2%–97%) yang mengurangi porositas efektif. Kesimpulannya, satuan kalkarenit Klitik lebih berperan sebagai jalur aliran air daripada sebagai penyimpan air tanah. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan air tanah yang tepat untuk mengoptimalkan pemanfaatannya dan mengurangi risiko kekeringan.

Kata Kunci: *Geologi, Porositas, Akuifer*

PENDAHULUAN

Berdasarkan teori tektonik lempeng, wilayah Indonesia terbentuk sebagai akibat dari adanya konvergensi tiga buah lempeng besar, yaitu lempeng benua Eurasia, lempeng samudra Indo-Australia dan lempeng samudra Pasifik (Hall, 2012). Dari interaksi ini terjadi deformasi pada sistem busur kepulauan dan berperan penting dalam tatanan geologi daerah setempat. Berdasarkan morfologi tektonik (litologi dan pola struktur), maka wilayah Jawa bagian timur dapat dibagi menjadi beberapa zona fisiografis (van Bemmelen, 1949) yaitu : Zona Pegunungan Selatan, Zona Kendeng, Depresi Randublatung, dan Zona Rembang.

Daerah penelitian yang berada di Desa Klitih, Kecamatan Plandaan, Kabupaten Jombang secara fisiografi merupakan bagian dari pegunungan antiklinorium Zona Kendeng (van Bemmelen, 1949) yang memiliki perbukitan memanjang dengan arah relatif barat – timur, arah tersebut merupakan cerminan dari struktur regional pola Jawa yang tidak terlihat pada beberapa fisiografi lainnya. Daerah penelitian sebelumnya telah dipetakan oleh beberapa ahli geologi, di antaranya Noya, dkk (1983)

dan Pringgoprawiro (1992). Hal tersebut masih memerlukan pengamatan geologi rinci pada daerah yang akan diteliti untuk lebih memahami proses geologi yang ada di daerah penelitian.

Berdasarkan hasil pemetaan pendahuluan (*reconnaissance*) peneliti menemukan hal-hal menarik yang bersifat unik, seperti bentukan geomorfologi, susunan stratigrafi, struktur geologi yang teridentifikasi menunjukkan adanya beberapa perbedaan dengan hasil pemetaan dari ahli-ahli geologi sebelumnya. Di antaranya menurut Noya, dkk (1983), pada daerah penelitian terdapat struktur geologi yang kompleks namun tidak seluruhnya dijumpai di lapangan. Sama halnya seperti kenampakan litologi berupa endapan yang tidak dijumpai pada geologi regional namun dijumpai di lapangan.

Proses tektonik yang membentuk zona antiklinorium terlihat sangat dominan pada daerah penelitian, hal tersebut dapat diidentifikasi dari arah kemiringan batuan yang saling berlawanan, dengan arah jurus batuan yang relatif barat – timur. Proses eksogenik mengakibatkan struktur antiklin sudah tidak tercermin lagi pada morfologinya, sehingga perlu dilakukan pemetaan geologi permukaan secara detail dengan konsep litostratigrafi untuk mengungkap kondisi geologi yang sebenarnya.

Belum adanya penelitian geologi secara rinci mengenai berbagai aspek geologi, dan pengelompokan sebaran satuan litologi berdasarkan konsep litostratigrafi. Sehingga diharapkan dengan adanya pemetaan geologi di daerah Klitih dan sekitarnya ini hasilnya dapat dimanfaatkan oleh instansi pemerintahan bersama warga daerah setempat, maupun pihak yang berkepentingan pada daerah penelitian, baik untuk keperluan penataan lingkungan yang didasarkan pada ilmu pengetahuan dan teknologi maupun untuk kegiatan penelitian lainnya yang akan sangat bermanfaat.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini mengadopsi pendekatan pemetaan geologi permukaan untuk menganalisis kondisi geologi di daerah penelitian. Proses penelitian dibagi menjadi dua tahap utama. Tahap pertama, mencakup studi pustaka, pengurusan perizinan dari institusi pendidikan hingga pemerintah daerah, serta survei awal (*reconnaissance*) untuk memperoleh gambaran umum geologi, peta lokasi tentatif, peta geomorfologi, dan peta geologi awal. Hasil dari tahap ini disusun dalam laporan usulan Tugas Akhir yang dipresentasikan dalam sidang. Tahap Kedua, berfokus pada pemetaan geologi permukaan secara rinci melalui kegiatan lapangan, studi di studio, dan analisis laboratorium untuk menghasilkan peta geomorfologi, peta geologi detail (Hartono, 1991).

Dalam tahap lanjutan, kegiatan lapangan melibatkan observasi singkapan batuan, pengukuran struktur geologi seperti jurus dan kemiringan lapisan, serta pengambilan sampel batuan untuk dianalisis lebih lanjut di laboratorium. Analisis laboratorium mencakup studi petrografi menggunakan mikroskop polarisasi untuk mengidentifikasi komposisi mineral, serta analisis mikropaleontologi untuk menentukan lingkungan pengendapan masa lalu. Data yang diperoleh dari lapangan dan laboratorium kemudian diintegrasikan melalui pekerjaan studio, yang mencakup pembuatan peta geologi rinci, interpretasi data struktur geologi, dan rekonstruksi sejarah geologi daerah penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap porositas, permeabilitas, petrografi, dan kalsimetri untuk menilai potensi satuan kalkarenit Klitik sebagai akuifer air tanah di daerah Klitih, Kecamatan Plandaan, Kabupaten Jombang.

Hasil Analisis Porositas

Pengukuran porositas dilakukan pada tiga sampel batuan yang diambil dari lokasi berbeda, yaitu LP 1, LP 83, dan LP 91. Berdasarkan hasil pengukuran, porositas batuan menunjukkan nilai yang sangat rendah dengan persentase porositas masing-masing sebesar 1,59%, 1,86%, dan 1,43%. Nilai porositas ini dikategorikan sebagai "diabaikan" berdasarkan klasifikasi Koesoemadinata (1980), yang menunjukkan bahwa kemampuan batuan untuk menyimpan air sangat terbatas. Rendahnya nilai porositas ini disebabkan oleh struktur batuan yang padat dan sedikitnya rongga pori yang efektif untuk menampung air.

Selain itu, rendahnya porositas juga dapat dihubungkan dengan proses diagenesis yang menyebabkan pengompakan butiran sedimen dan pengendapan mineral sekunder di dalam pori-pori, sehingga mengurangi volume ruang kosong. Meskipun terdapat pori-pori dalam batuan, sebagian besar pori tersebut bersifat tertutup dan tidak saling terhubung, sehingga tidak efektif untuk menyimpan air tanah dalam jumlah signifikan. Kondisi ini berdampak langsung terhadap potensi batuan sebagai akuifer, di mana batuan dengan porositas rendah cenderung memiliki kapasitas retensi air yang terbatas.

Hasil Analisis Permeabilitas

Analisis permeabilitas dilakukan untuk mengetahui kemampuan batuan dalam meloloskan air melalui pori-porinya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa satuan kalkarenit Klitik memiliki nilai permeabilitas yang bervariasi, yaitu 130,51 mD pada sampel LP 1, 61,35 mD pada sampel LP 83, dan 850,76 mD pada sampel LP 91. Berdasarkan klasifikasi Koesoemadinata (1980), nilai ini termasuk dalam kategori "baik" hingga "baik sekali", yang menunjukkan bahwa batuan ini cukup efektif dalam meloloskan air, meskipun memiliki porositas yang rendah.

Variasi nilai permeabilitas ini menunjukkan adanya perbedaan dalam struktur internal batuan, terutama terkait dengan distribusi dan konektivitas pori-pori. Permeabilitas yang tinggi meskipun porositasnya rendah mengindikasikan bahwa pori-pori yang ada memiliki konektivitas yang baik, memungkinkan aliran air yang efisien melalui jalur-jalur sempit di dalam batuan. Faktor-faktor seperti rekahan kecil, jalur pori yang terhubung, dan adanya retakan mikro dapat meningkatkan kemampuan batuan untuk mengalirkan air, meskipun volume total pori relatif kecil.

Hasil Analisis Petrografi

Hasil analisis petrografi menunjukkan bahwa satuan kalkarenit Klitik diklasifikasikan sebagai grainstone berdasarkan klasifikasi Embry dan Klovan (1971). Batuan ini didominasi oleh kandungan fosil (75-82%), dengan komponen tambahan berupa kuarsa, glaukonit, feldspar, dan mineral opak dalam jumlah yang lebih sedikit. Struktur grainstone yang dominan menunjukkan bahwa batuan ini terbentuk dari butiran pasir karbonat yang terikat kuat satu sama lain dengan sedikit matriks halus.

Meskipun terdapat pori-pori berukuran kecil hingga sedang, pori-pori tersebut saling terhubung, memberikan indikasi adanya jaringan pori yang berpotensi mendukung aliran air. Namun, hasil analisis petrografi ini tidak sepenuhnya sejalan dengan hasil pengukuran porositas yang menunjukkan nilai sangat rendah. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun struktur batuan memiliki jaringan pori yang terlihat baik di bawah mikroskop, pori-pori tersebut mungkin tidak cukup besar atau cukup banyak untuk meningkatkan kapasitas penyimpanan air secara signifikan.

Hasil Analisis Kalsimetri

Analisis kalsimetri dilakukan untuk mengukur kadar kalsium karbonat (CaCO_3) dalam batuan. Hasil pengujian menunjukkan variasi kadar CaCO_3 yang cukup signifikan di antara sampel yang diuji, yaitu 52,2% pada LP 1, 56,8% pada LP 83, dan mencapai 97% pada LP 91. Kandungan kalsium karbonat yang tinggi ini menunjukkan bahwa batuan memiliki komposisi karbonat dominan, yang dapat mempengaruhi sifat fisik dan hidrologi batuan, termasuk porositas dan permeabilitas.

Kandungan CaCO_3 yang tinggi cenderung meningkatkan kerapatan batuan dan mengurangi porositas efektif karena adanya pengendapan mineral sekunder di dalam pori-pori. Selain itu, mineral karbonat memiliki kecenderungan untuk mengisi celah-celah kecil di antara butiran, yang dapat memperkuat struktur batuan namun mengurangi ruang kosong yang tersedia untuk penyimpanan air. Kondisi ini sejalan dengan hasil porositas yang rendah, meskipun permeabilitasnya tetap tinggi karena adanya jalur-jalur mikro yang memungkinkan aliran air.

Analisis Interpretatif Hasil Penelitian

Hasil analisis menunjukkan adanya kontradiksi antara nilai porositas yang rendah dan nilai permeabilitas yang tinggi. Secara teoritis, batuan dengan porositas rendah seharusnya memiliki permeabilitas yang rendah pula, namun hasil penelitian ini menunjukkan sebaliknya. Hal ini menunjukkan bahwa faktor konektivitas pori memainkan peran penting dalam menentukan kemampuan aliran air melalui batuan, bahkan ketika volume total pori sangat terbatas (Pringgoprawiro & Sukido, 1992).

Perbedaan ini dapat dijelaskan dengan mempertimbangkan struktur internal batuan. Meskipun jumlah total pori kecil, konektivitas antar pori sangat baik, memungkinkan air mengalir dengan mudah melalui jalur-jalur sempit yang terhubung. Hal ini didukung oleh hasil analisis petrografi yang menunjukkan adanya pori-pori saling terhubung, meskipun ukurannya kecil. Kondisi ini sering ditemukan pada batuan karbonat yang mengalami pelarutan selektif, membentuk jalur-jalur mikro yang efektif untuk aliran air.

Selain itu, proses diagenesis juga memainkan peran penting dalam mengubah karakteristik porositas dan permeabilitas batuan. Pengendapan mineral sekunder seperti kalsit di dalam pori-pori dapat mengurangi porositas, tetapi jika diagenesis menghasilkan rekahan atau pelarutan selektif, hal ini justru dapat meningkatkan permeabilitas. Inilah yang tampaknya terjadi pada satuan kalkarenit Klitik, di mana rekahan-rekahan kecil dan pori-pori terhubung berkontribusi terhadap permeabilitas tinggi meskipun porositas rendah.

Kandungan kalsium karbonat yang tinggi juga memberikan kontribusi signifikan terhadap karakteristik fisik batuan. CaCO_3 yang tinggi meningkatkan kerapatan batuan dan mengurangi porositas efektif, namun dapat menciptakan jalur pelarutan yang meningkatkan konektivitas pori. Oleh karena itu, meskipun batuan ini memiliki sedikit ruang kosong, jalur-jalur pelarutan memungkinkan air mengalir dengan relatif mudah.

Faktor lingkungan geologi di daerah penelitian, seperti aktivitas tektonik dan kondisi hidrogeologi setempat, juga mempengaruhi karakteristik akuifer. Struktur geologi seperti sesar dan lipatan dapat menciptakan jalur aliran air tambahan, yang meningkatkan permeabilitas lokal meskipun porositas batuan tetap rendah. Hal ini mungkin menjelaskan mengapa beberapa area di daerah Klitih masih memiliki potensi aliran air tanah yang cukup baik (Embry & Klován, 1971).

Namun, meskipun permeabilitasnya tinggi, kapasitas penyimpanan air di batuan ini tetap rendah karena porositas yang terbatas. Artinya, batuan ini mungkin mampu mengalirkan air dengan baik tetapi tidak dapat menyimpan air dalam jumlah besar. Ini menjadi faktor pembatas utama dalam pemanfaatan satuan kalkarenit Klitik sebagai akuifer, terutama untuk keperluan penyimpanan air jangka panjang.

Kondisi ini juga berkontribusi terhadap masalah kekeringan di daerah penelitian, terutama selama musim kemarau. Meskipun air dapat mengalir melalui jalur-jalur

batuan, kapasitas penyimpanan yang rendah berarti pasokan air tanah cepat habis ketika tidak ada sumber pengisian ulang yang memadai. Oleh karena itu, pengelolaan sumber daya air di daerah ini perlu mempertimbangkan keterbatasan ini untuk memastikan ketersediaan air yang berkelanjutan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa satuan kalkarenit Klitik memiliki karakteristik geologi yang kompleks, dengan interaksi antara faktor porositas, permeabilitas, komposisi mineral, dan struktur geologi yang saling mempengaruhi. Meskipun batuan ini memiliki potensi sebagai jalur aliran air, keterbatasannya sebagai akuifer harus diperhitungkan dalam perencanaan pengelolaan air tanah di daerah Klitih.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap satuan kalkarenit Klitik di daerah Klitih, Kecamatan Plandaan, Kabupaten Jombang, dapat disimpulkan bahwa karakteristik hidrogeologi batuan ini menunjukkan potensi yang terbatas sebagai akuifer air tanah. Hasil analisis porositas menunjukkan bahwa batuan memiliki nilai yang sangat rendah, berkisar antara 1,43% hingga 1,86%, yang termasuk dalam kategori "diabaikan." Rendahnya porositas ini mengindikasikan bahwa kemampuan batuan untuk menyimpan air sangat terbatas, yang kemungkinan besar disebabkan oleh proses diagenesis yang mengakibatkan pengompakan butiran batuan serta pengendapan mineral sekunder di dalam pori-porinya.

Meskipun demikian, hasil analisis permeabilitas menunjukkan nilai yang cukup tinggi, mulai dari 61,35 mD hingga 850,76 mD, yang dikategorikan sebagai "baik" hingga "baik sekali." Hal ini menunjukkan adanya konektivitas pori yang cukup baik meskipun volume pori-pori efektif sangat kecil. Kondisi ini memungkinkan air mengalir cukup lancar melalui jalur-jalur mikro dalam batuan, meskipun tidak diimbangi dengan kapasitas penyimpanan air yang memadai.

Hasil analisis petrografi mengungkapkan bahwa kalkarenit Klitik diklasifikasikan sebagai grainstone, dengan dominasi fragmen fosil yang mencapai 75–82%, serta keberadaan kuarsa, glaukonit, dan mineral opak dalam jumlah kecil. Struktur pori-pori yang terhubung dalam batuan ini mendukung aliran air, meskipun tidak secara signifikan meningkatkan kapasitas penyimpanan air. Selain itu, kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) yang cukup tinggi, berkisar antara 52,2% hingga 97%, turut mempengaruhi karakteristik fisik batuan, khususnya dengan mengurangi porositas efektif akibat pengendapan mineral karbonat di ruang-ruang pori.

Secara keseluruhan, meskipun batuan ini menunjukkan permeabilitas yang tinggi yang memungkinkan aliran air dengan cukup baik, nilai porositas yang rendah dan kandungan kalsium karbonat yang tinggi menjadi faktor pembatas utama bagi batuan ini untuk berfungsi efektif sebagai akuifer. Kondisi ini juga menjelaskan fenomena kekeringan yang sering terjadi di daerah penelitian, terutama saat musim kemarau, di mana pasokan air tanah cepat habis akibat kapasitas penyimpanan air yang sangat terbatas.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan studi lanjutan maupun pengelolaan sumber daya air di daerah penelitian. Penelitian lebih lanjut disarankan untuk dilakukan dengan cakupan wilayah yang lebih luas guna memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai kondisi hidrogeologi di sekitar daerah Klitih. Hal ini dapat membantu mengidentifikasi zona-zona potensial lainnya yang mungkin memiliki karakteristik akuifer yang lebih baik.

Selain itu, penggunaan metode geofisika seperti geolistrik atau Ground Penetrating Radar (GPR) diharapkan dapat memberikan informasi yang lebih detail mengenai distribusi akuifer di bawah permukaan, termasuk mendeteksi keberadaan jalur-jalur rekahan atau zona permeabel yang tidak teramati secara langsung di lapangan. Penelitian lebih mendalam mengenai proses diagenesis juga perlu dilakukan untuk memahami bagaimana proses ini mempengaruhi perubahan karakteristik porositas dan permeabilitas batuan karbonat, sehingga dapat memberikan wawasan yang lebih baik dalam mengevaluasi potensi air tanah.

Dalam konteks pengelolaan sumber daya air tanah, penting untuk mempertimbangkan keterbatasan kapasitas penyimpanan air di satuan kalkarenit Klitik. Upaya konservasi air, seperti pembangunan sumur resapan, pengelolaan penggunaan air yang efisien, serta perlindungan terhadap area resapan air, sangat diperlukan untuk mengurangi risiko kekeringan, terutama pada musim kemarau. Selain itu, monitoring berkala terhadap kualitas air tanah juga diperlukan, mengingat tingginya kandungan kalsium karbonat yang dapat mempengaruhi kualitas kimia air dan berpotensi berdampak terhadap kesehatan masyarakat jika digunakan tanpa pengolahan yang memadai.

Akhirnya, kolaborasi yang erat antara pemerintah daerah, lembaga penelitian, dan masyarakat setempat sangat penting untuk mengembangkan strategi pengelolaan air tanah yang berkelanjutan. Dengan pendekatan yang terintegrasi, diharapkan pengelolaan sumber daya air di daerah Klitih dapat dilakukan secara optimal untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, sekaligus menjaga kelestarian lingkungan di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Embry, A. F., & Klovan, J. E. (1971). A Late Devonian Reef Tract on Northeastern Bank Island, N.W.T. *Canadian Petroleum Geology Bulletin*.
- Folk, R. L. (1974). *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing.
- Koesoemadinata, R. P. (1980). *Geologi Minyak dan Gas Bumi* (Vol. 1 & 2). Institut Teknologi Bandung.
- Martodjojo, S., & Pulunggono, A. (1994). The Tectonic Changes During Paleogene-Neogene was the Most Important Tectonic Phenomenon in Java Island. In *Proceedings of the Seminar on Geology and Tectonics of Java Island, from the Late Mesozoic to Quaternary* (pp. 1-14). Universitas Gadjah Mada.
- Noya, dkk. (1983). *Peta Geologi Lembar Mojokerto, Jawa Timur*. Skala 1:100.000. Puslitbang Geologi, Bandung.
- Pringgoprawiro, H., & Sukido. (1992). *Peta Geologi Lembar Bojonegoro, Jawa Timur*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Van Bemmelen, R. W. (1949). *The Geology of Indonesia*. Government Printing Office.