

Kajian Hidrostratigrafi dengan Metode Geolistrik di Wilayah Kepesisiran, Kecamatan Bangkalan, Kabupaten Bangkalan, Jawa Timur

Roesdi Fitra Ariefin
roesdifitraa@gmail.com

Ig. L. Setyawan Purnama
igiwan@ugm.ac.id

Abstract

This research was conducted to determine the hydrostratigraphy and the distribution of saline groundwater in the Coastal Zone of Bangkalan Subdistrict. The method used in this research is geoelectric resistivity injection of the Vertical Electric Sounding (VES) method, Schlumberger configuration, and measurement of the value of electrical conductivity (DHL) of groundwater. Geoelectrical measurement results are processed using IP2Win software. The results showed that the material layers found in the study area were dry clay mixed with sand (aeration zone), clay containing saline groundwater, clay containing brackish groundwater, clay mixed with sand containing freshwater groundwater, sand containing freshwater groundwater, porous limestone containing freshwater, and hard and dry limestone. The types of aquifers found are unconfined aquifers and confined aquifers. Saline groundwater is found in the form of tidal flat and fluviomarine plain. The presence of saline groundwater is caused by sea water intrusion and connate water.

Key words: Hydrostratigraphy, Aquifer, Coastal Zone, Geoelectric, Bangkalan District

Intisari

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hidrostratigrafi dan persebaran airtanah asin di Wilayah Kepesisiran Kecamatan Bangkalan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendugaan geolistrik metode *Vertical Electric Sounding (VES)*, konfigurasi Schlumberger, dan pengukuran nilai daya hantar listrik (DHL) airtanah. Hasil pendugaan geolistrik diolah dengan menggunakan *software IP2Win*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lapisan material yang ditemukan pada wilayah penelitian adalah lapisan lempung bercampur pasir kering (zona aerasi), lempung, mengandung airtanah asin, lempung mengandung airtanah payau, lempung bercampur pasir mengandung airtanah tawar, pasir mengandung airtanah tawar, pasir mengandung airtanah tawar, batu gamping *porous* mengandung airtanah tawar, dan batu gamping keras dan kering. Jenis akuifer yang ditemukan adalah akuifer bebas (*unconfined aquifer*), akuifer tertekan (*confined aquifer*), akuifer sekunder (*secondary aquifer*). Airtanah asin ditemukan pada bentuklahan rataan pasang surut dan dataran fluviomarin. Keberadaan airtanah asin tersebut disebabkan karena intrusi air laut dan air fosil (*connate water*).

Kata kunci: Hidrostratigrafi, Akuifer, Wilayah Kepesisiran, Geolistrik, Kabupaten Bangkalan

PENDAHULUAN

Airtanah merupakan air yang paling banyak dimanfaatkan manusia dalam pemenuhan kebutuhan air dibandingkan air hujan dan air permukaan karena kualitasnya yang tidak terpengaruh oleh musim, cadangan airtanah lebih besar, mudah diperoleh dan tidak membutuhkan tampungan dalam

pendistribusiannya sehingga harganya lebih murah (Sudarmadji, 1990). Sumber utama airtanah adalah air hujan yang meresap ke dalam tanah mengikuti proses daur hidrologi. Keterdapatannya di setiap bentuklahan berbeda-beda tergantung kondisi geologi yang mempengaruhinya (Driscoll, 1987). Airtanah

berada pada suatu perlapisan batuan yang disebut akuifer.

Sebaran airtanah dan akuifer pada tiap satuan bentuklahan dapat memiliki karakteristik yang berbeda. Perbedaan sebaran airtanah dan akuifer antarsatuan bentuklahan disebabkan karena adanya perbedaan material, proses geomorfologi, proses geologi, dan proses lainnya antarsatuan bentuklahan. Menurut Santosa (2010), terdapat empat aspek utama penyusun bentuklahan, yaitu: morfologi, proses, struktur, dan litologi (batuan). Todd (1980) mengemukakan bahwa ketebalan dan tipe akuifer dapat dipengaruhi oleh struktur batuan sehingga dapat diketahui bahwa terdapat hubungan antara bentuklahan dengan litologi penyusunnya yang dapat membentuk akuifer sebagai wadah bagi airtanah.

Kecamatan Bangkalan memiliki wilayah kepesisiran yang cukup luas dengan garis pantai sekitar 19,98 km. Kepesisiran Bangkalan merupakan kesatuan sistem *sub-aerial deposition coast* yang terbentuk akibat akumulasi secara langsung material sedimen sungai. Kepesisiran Bangkalan hingga saat ini mengalami dinamika yang intensif sehingga membentuk berbagai bentuklahan baru. Adapun bentuklahan yang dapat dijumpai di daerah tersebut saat ini diantaranya Rataan Pasang Surut (*Tidal Flat*) dan Dataran Fluviomarin.

Kecamatan Bangkalan merupakan kecamatan terpadat di Kabupaten Bangkalan. Sebanyak 83.784 jiwa penduduk tinggal di Kecamatan Bangkalan pada tahun 2015 dan memiliki kepadatan penduduk sebesar 2.392 jiwa/km² (BPS, 2016). Meningkatnya jumlah penduduk dan kepadatan penduduk di Kecamatan Bangkalan tidak lepas dari pengaruh perkembangan ekonomi setelah pembangunan Jembatan Suramadu. Selain itu, pusat pemerintahan di Kabupaten Bangkalan berada di Kecamatan Bangkalan, sehingga kepesisiran Bangkalan juga ikut berkembang setiap tahunnya.

Salah satu permasalahan airtanah di wilayah kepesisiran Bangkalan adalah penurunan kualitas airtanah yang disebabkan oleh adanya airtanah asin yang berada di daratan. Adanya airtanah asin menyebabkan peningkatan kadar salinitas pada air sumur, sehingga air sumur berasa asin dan tidak dapat dimanfaatkan secara maksimal terutama untuk mandi dan air minum. Beberapa warga yang

tinggal di pesisir Bangkalan mengeluhkan air sumur yang berasa asin. Adanya airtanah asin di sumur warga menyebabkan warga harus mengeluarkan biaya lebih untuk mendapatkan air bersih untuk minum dan keperluan domestik lainnya. Keberadaan airtanah asin di daratan dapat disebabkan oleh berbagai fenomena, diantaranya: 1.) intrusi air laut di wilayah pantai, 2.) adanya air fosil (*connate water*), 3.) penguapan yang intensif pada laguna dan daerah tertutup lainnya, 4.) pancaran air laut di sepanjang pantai, 5.) pasang surut serta badai yang terjadi pada pantai yang rendah dan daerah estuaria, 6.) pelarutan batuan evaporit oleh tanah, 7.) air asin dari kubah garam (diaper), 8.) limbah pertanian dan limbah domestik, dan 9.) aliran balik dari irigasi (Purnama, 2010).

Metode geolistrik merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk keperluan identifikasi akuifer di lapangan. Menurut Purnama (2010), geolistrik dapat digunakan untuk mengidentifikasi perbedaan tahanan jenis batuan khususnya akuifer di lapangan. Nilai hambatan jenis tiap batuan bervariasi dan bergantung pada beberapa aspek seperti jenis dan komposisi material, kemampatan batuan, ukuran dan bentuk pori, kandungan air, serta suhu material (Todd, 1980). Oleh karena itu, salah satu keuntungan mengetahui nilai hambatan jenis material dari pendugaan geolistrik adalah untuk membedakan material-material batuan penyusun akuifer. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis stratigrafi akuifer di Kepesisiran Kecamatan Bangkalan, menemukannya persebaran airtanah asin di Kepesisiran Bangkalan dan menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan terdapatnya airtanah asin.

METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data DHL

Nilai Daya Hantar Listrik (DHL) merupakan nilai yang mencerminkan konsentrasi ion terlarut yang terkandung dalam airtanah. Pengambilan sampel DHL dilakukan menggunakan metode *Systematic Random Sampling*. Metode ini mengambil sampel secara sistematis dengan membagi wilayah kajian ke dalam beberapa petak-petak kecil atau *grid*. Setiap *grid* dipilih satu sampel. Hal tersebut

dilakukan untuk mengurangi terjadinya pengelompokan data di suatu wilayah.

Nilai DHL diketahui dengan pengukuran menggunakan *EC Meter*. Fungsi dari pengumpulan data DHL adalah untuk pemetaan zonasi airtanah bebas. berdasarkan nilai DHL. Zonasi airtanah bebas merupakan pengelompokan satuan airtanah berdasarkan kelas nilai DHL. Selain itu, pengukuran nilai DHL airtanah digunakan untuk memvalidasi data hasil pengukuran geolistrik.

Data Daya Hantar Listrik (DHL) yang didapatkan dari pengukuran dengan *EC Meter* kemudian dipetakan dengan *software ArcGIS* dan dikelompokkan berdasarkan nilai DHL yang sama. Berdasarkan nilai DHL, tingkat salinitas airtanah dapat diklasifikasikan menjadi empat kategori, diantaranya: (1) Airtanah tawar dengan nilai DHL <1.200 $\mu\text{mhos/cm}$, (2) Airtanah payau dengan nilai DHL 1.200-2.500 $\mu\text{mhos/cm}$, (3) Airtanah asin dengan nilai DHL 2.500-4.500 $\mu\text{mhos/cm}$, (4) Airtanah sangat asin dengan nilai DHL > 4.500 $\mu\text{mhos/cm}$ (Santosa dan Adji, 2004).

Pengumpulan Data Geolistrik

Metode sampling yang digunakan untuk pendugaan geolistrik adalah *purposive sampling*. Metode *purposive sampling* ini dilakukan dengan mempertimbangkan bentuklahan dan variasi DHL yang didapatkan setelah pembuatan peta isoDHL. Selain itu, metode ini dipilih karena pengukuran geolistrik tidak dapat dilakukan di sembarang tempat. Titik pengukuran geolistrik dibatasi dengan batas administrasi Kecamatan Bangkalan karena pada tiap bentuklahan memiliki batas horisontal di luar batas administrasi Kecamatan Bangkalan.

Metode geolistrik yang digunakan adalah metode *vertical electrical sounding (VES)*. Metode *VES* baik digunakan pada identifikasi dan analisis perlapisan batuan secara horisontal. Konfigurasi geolistrik yang digunakan adalah konfigurasi *Schlumberger*. Metode geolistrik konfigurasi *Schlumberger* digunakan untuk mengetahui material bawah permukaan dan perlapisan akuifer wilayah kajian. Objek penelitian ini adalah akuifer dan nilai resistivitas bawah permukaan bumi. Nilai resistivitas bawah permukaan bumi digunakan untuk mengetahui perlapisan batuan dan akuifer di bawah permukaan bumi daerah penelitian.

Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis deskriptif. Hasil *resistivity cross-section* dan *resistivity pseudosection* pada masing-masing titik pengukuran geolistrik dihubungkan dengan tabel nilai resistivitas semu batuan, sehingga perlapisan batuan pada masing-masing titik pengukuran akan diketahui material, urutan perlapisannya dan kedalaman perlapisannya. Kemudian nilai resistivitas perlapisan batuan yang ditampilkan dalam *resistivity cross-section* dan *resistivity pseudosection* dibuat menjadi model 2 dimensi (2D) penampang hidrostratigrafi yang kemudian akan dibandingkan dengan tabel resistivitas material yang didapat dari literatur terkait. Berikut merupakan tabel material dan nilai resistivitas material.

Tabel 1. Jenis Material dan Nilai Resistivitas Material

Nilai Resistivitas (Ωm)	Material
0 – 10	Campuran lempung, pasir, dan kerikil tak terpilahkan (jenuh air asin)
10 – 15	Campuran pasir, kerikil, dan lempung
15 – 100	Pasir dan kerikil jenuh airtanah tawar
100 – 1.000	Batu gamping porous
> 1.000	Batu gamping keras dan kering

Sumber: Santosa.,2000

HASIL DAN PEMBAHASAN

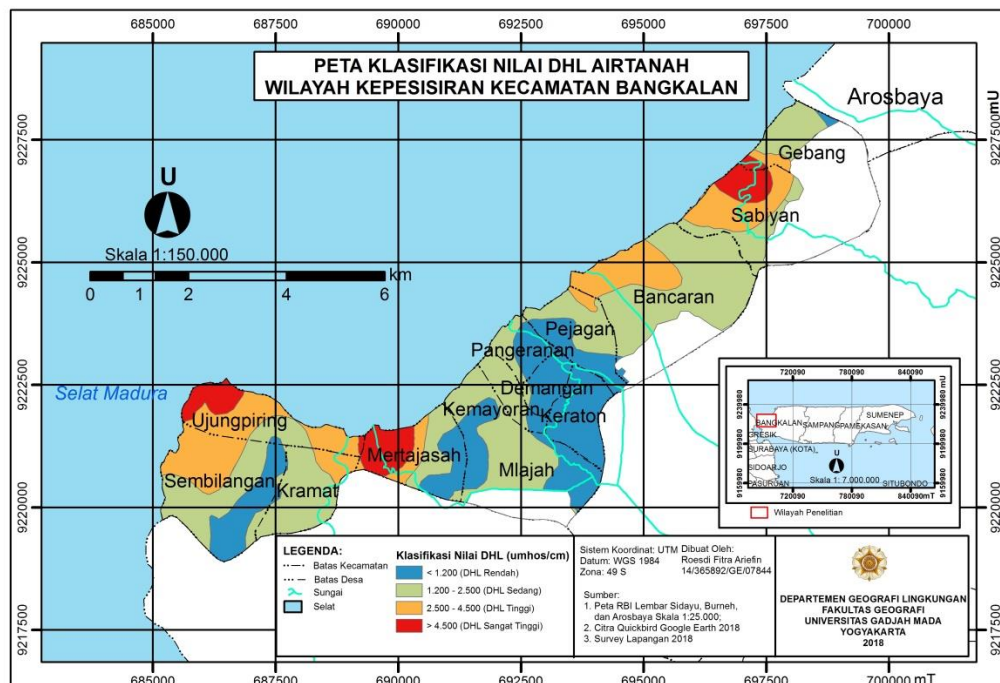
Persebaran Nilai Daya Hantar Listrik (DHL) Airtanah

Hasil pengujian nilai Daya Hantar Listrik (DHL) di lapangan yang kemudian diolah menjadi Peta Klasifikasi Nilai DHL Airtanah Wilayah Kepesisiran Kecamatan Bangkalan dapat dilihat pada Gambar 1. Jumlah sumur yang dilakukan pengukuran nilai DHL sebanyak 45 sumur uji. Berdasarkan peta klasifikasi DHL tersebut, terdapat empat kondisi airtanah sesuai dengan klasifikasi nilai DHL yang ditemui di lokasi penelitian, yaitu airtanah tawar, payau, asin, dan sangat asin.

Persebaran airtanah tawar, payau, asin, dan sangat asin pada wilayah kajian sangat beragam. Airtanah sangat asin (*haline*) ditemukan pada tiga titik, yaitu Desa Ujung Piring, Mertajasah, dan Sabiyen. Ketiga titik tersebut terletak sangat dekat dengan laut. Airtanah asin yang Airtanah asin (*saline*) ditemukan pada tujuh sumur uji yang memiliki nilai DHL 2500 – 4500 $\mu\text{mhos/cm}$. Airtanah asin umumnya ditemukan di wilayah yang tidak begitu jauh dari airtanah sangat asin ditemukan. Airtanah asin banyak ditemui pada wilayah yang memiliki jarak yang dekat dengan laut.

Airtanah payau (*brackish*) ditemukan pada lima belas sumur uji yang memiliki nilai

DHL 1200 – 2500 $\mu\text{mhos/cm}$. Persebaran airtanah payau cukup beragam dan tidak membentuk sebuah pola. Airtanah payau ditemukan pada berbagai bentuklahan, diantaranya Rataan Pasang Surur dan Dataran Fluviomarin. Airtanah tawar hanya ditemukan pada bentuklahan Dataran Fluviomarin. Hasil pengukuran nilai DHL pada sumur-sumur uji tidak dapat menggambarkan kondisi salinitas airtanah pada wilayah kajian secara rinci karena terdapat beberapa wilayah yang tidak terdapat sumur. Nilai DHL sebenarnya dari wilayah yang tidak memiliki sumur uji dapat diketahui melalui pendugaan geolistrik.



Gambar 1. Peta Klasifikasi Nilai DHL Airtanah Kecamatan Bangkalan

Distribusi Vertikal dan Horizontal Airtanah

Berdasarkan geologi regionalnya, wilayah Kepesisiran Kecamatan Bangkalan berada pada Cekungan Jawa Timur. Cekungan Jawa Timur merupakan hasil interaksi pergerakan Lempeng Samudera menumbuk Lempeng Benua yang menimbulkan 4 fase pengendapan sedimen Tersier di Cekungan Jawa Timur, yang merupakan perulangan antara pengangkatan (*extension*) dan penurunan cekungan (*subsidence*) yang terjadi mulai Kala

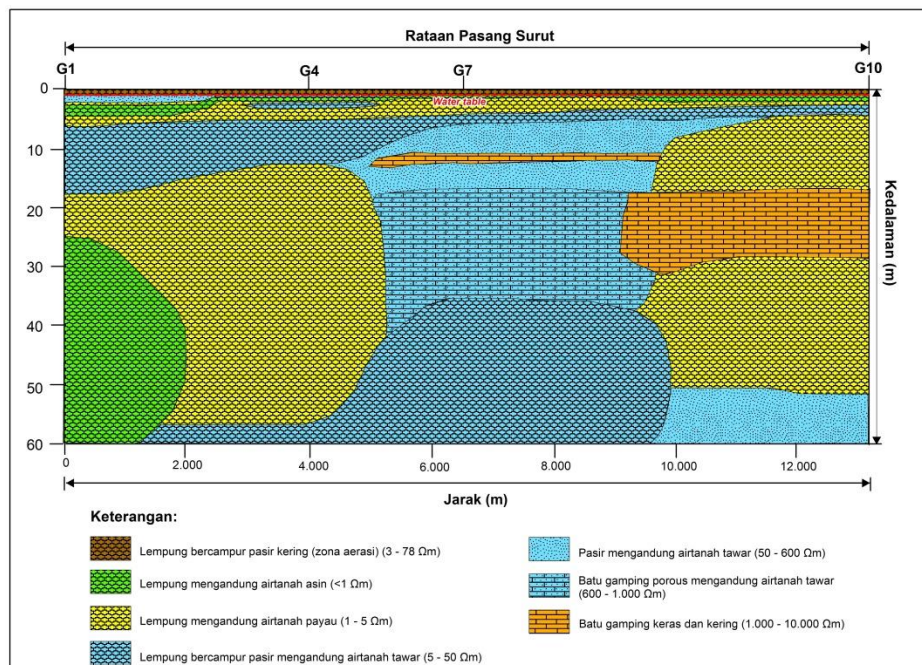
Oligosen hingga Kala Plistosen (Ngadenin dkk, 2014).

Wilayah kepesisiran Kecamatan Bangkalan secara umum tersusun atas dua formasi batuan, yaitu Formasi Pamekasan (Qpp) dan Endapan Aluvium (Qa). Formasi Pamekasan (Qpp) tersusun atas batu pasir coklat kemerahan bercak-bercak kelabu lunak dan berbutir kasar; batu lempung kelabu mengandung pecahan cangkang moluska; dan konglomerat berkomponen utama batu gamping terpilah buruk lunak. Endapan Aluvium (Qa) tersusun atas kerakal, kerikil, pasir, lempung, dan pecahan cangkang fosil setempat.

Formasi Pamekasan memiliki umur geologi yang lebih tua dibandingkan Aluvium. Formasi Pamekasan terbentuk pada zaman *Quarter* era Plistosen. Cakupan endapan material Formasi Pamekasan cukup luas, mulai dari Kabupaten Rembang hingga Kabupaten Sumenep. Bentangan Formasi Pamekasan yang cukup luas disebabkan karena Formasi Pamekasan merupakan salah satu penyusun dari Lipatan Zona Rembang-Madura. Aluvium di kepesisiran Kecamatan Bangkalan terbentuk pada zaman *Quarter* era Holosen.

Karakteristik akuifer dan pengaruh air laut yang masuk ke daratan dapat diketahui dengan korelasi hubungan antartitik pendugaan geolistrik (*cross-section*). Nilai resistivitas pada

masing-masing titik memiliki kesesuaian berupa nilai resistivitas yang relatif sama dengan titik yang lain. Berdasarkan hasil pendugaan geolistrik, telah dihasilkan tujuh penampang melintang hidrostratigrafi. Tiga penampang melintang berdasarkan korelasi antartitik geolistrik ke arah barat dan timur, sedangkan empat penampang lainnya berdasarkan korelasi antartitik geolistrik ke arah utara dan selatan. Penampang Hidrostratigrafi dengan arah barat - timur digunakan untuk mengetahui karakteristik akuifer, sedangkan Penampang Hidrostratigrafi dengan arah utara - selatan digunakan untuk mengetahui pengaruh air laut yang masuk ke daratan.



Gambar 2. Penampang Hidrostratigrafi 1

Penampang Hidrostratigrafi 1 meliputi titik G1, G4, G7, dan G10 yang membentang dari arah barat menuju timur. Seluruh titik geolistrik tersebut berada pada bentuklahan rata-rata pasang surut. Berdasarkan penampang tersebut, diketahui hanya beberapa lapisan yang memiliki korelasi atau berhubungan dengan keempat titik pendugaan geolistrik tersebut. Beberapa lapisan yang terdapat pada keempat titik geolistrik dan saling memiliki hubungan adalah lapisan zona aerasi, lapisan lempung mengandung airtanah asin dan lapisan lempung bercampur pasir mengandung airtanah tawar.

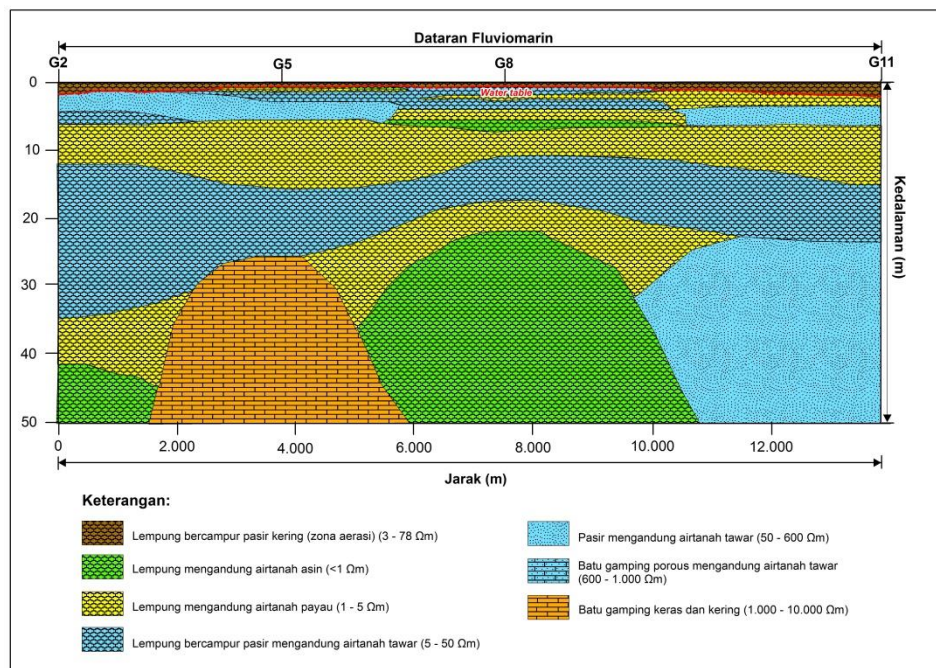
Zona aerasi yang ada pada wilayah ini tersusun atas material lempung bercampur pasir kering yang masih dipengaruhi pasang surut air laut yang memiliki ketebalan lapisan 0,75 meter, dengan nilai resistivitas 3,4 – 27,6 Ω m. Lapisan lempung mengandung airtanah asin dijumpai pada kedalaman 0,75 hingga kedalaman maksimum 4,99 meter. Lapisan ini memiliki resistivitas 0,262 – 0,512 Ω m dengan ketebalan lapisan berkisar antara 0,211 hingga 2,4 meter. Lapisan airtanah asin ini merupakan lapisan akuifer bebas (*unconfined aquifer*) yang terisi oleh airtanah asin karena dipengaruhi oleh

pasang surut air laut. Lapisan lempung bercampur pasir mengandung airtanah tawar dijumpai pada kedalaman 1,64 hingga kedalaman maksimum 18 meter. Lapisan ini memiliki resistivitas 7,02 – 27,3 Ω m dengan ketebalan lapisan berkisar antara 1,139 hingga 11,19 meter. Lapisan airtanah tawar ini merupakan lapisan akuifer tertekan (*confined aquifer*) karena terletak diantara lapisan lempung mengandung airtanah payau yang bersifat akuiklud.

Sebagian besar lapisan material pada penampang hidrostratigrafi ini tidak memiliki korelasi dengan material yang ada pada titik geolistrik lain walaupun berada pada bentuklahan yang sama. Hal tersebut dimungkinkan terjadi karena adanya perbedaan litologi atau material penyusun yang berbeda. Titik G1 berada pada wilayah yang tersusun atas Formasi Pamekasan (Qpp) sedangkan titik G4, G7, dan G10 tersusun atas Formasi Aluvium (Qa). Selain itu, tidak selarasnya material yang ada pada penampang ini kemungkinan terjadi karena adanya proses geomorfologi yang kompleks terjadi pada masa

lampau. Wilayah ini dimungkinkan terbentuk tidak hanya oleh proses marin, tapi juga oleh proses fluvial dan struktural jika dilihat dari sejarah geologinya.

Lapisan – lapisan yang tidak selaras tersebut membentuk akuifer, akuiklud, dan akuitard lokal yang ditemui pada wilayah yang sempit. Salah satu lapisan tersebut adalah lapisan batu gamping *porous* mengandung airtanah tawar ditemui pada titik G7 pada kedalaman 17 – 35,1 meter dengan resistivitas 821 Ω m. Lapisan ini sebenarnya masih berada pada lapisan yang sama dengan lapisan batu gamping yang ada pada titik G10, namun memiliki porositas yang lebih besar sehingga airtanah yang berada pada lapisan di atasnya dapat diloloskan dan disimpan pada lapisan tersebut. Lapisan batu gamping ini merupakan lapisan akuifer sekunder karena memiliki banyak pori-pori sekunder (rongga-rongga). Lapisan lain yang ditemukan pada penampang hidrostratigrafi ini adalah lapisan lempung mengandung airtanah payau, lapisan pasir mengandung airtanah tawar, dan lapisan batu gamping keras dan kering.



Gambar 3. Penampang Hidrostratigrafi 2

Penampang Hidrostratigrafi 2 meliputi titik G2, G5, G8, dan G11 yang membentang dari arah barat menuju timur. Seluruh titik geolistrik tersebut berada pada dataran fluvioamarin. Berdasarkan penampang tersebut,

diketahui hanya beberapa lapisan yang memiliki korelasi atau berhubungan dengan keempat titik pendugaan geolistrik tersebut. Beberapa lapisan yang terdapat pada keempat titik geolistrik dan saling memiliki hubungan

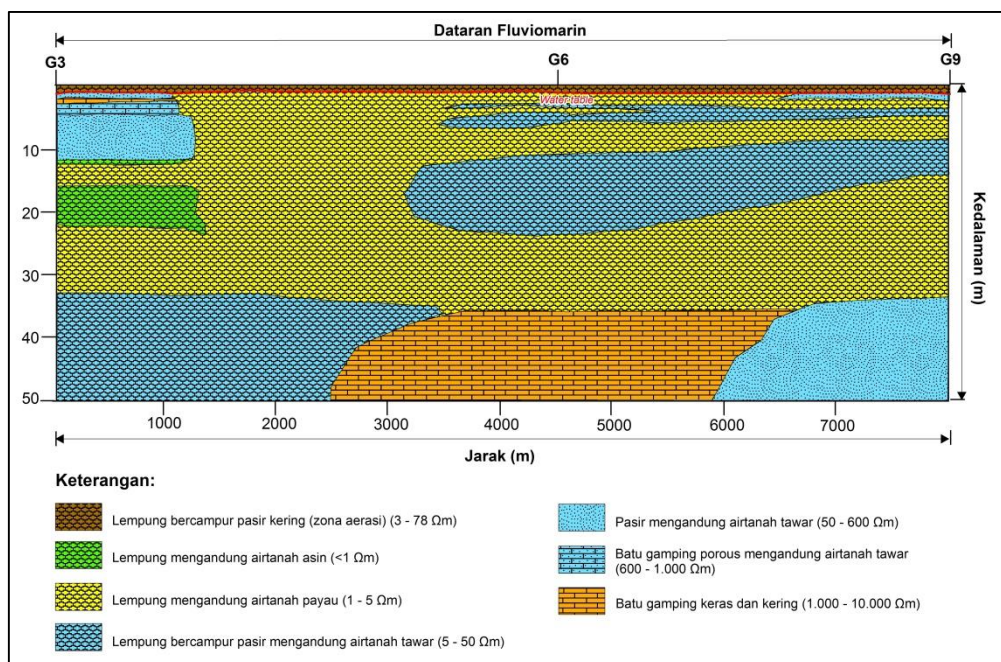
adalah lapisan zona aerasi, lapisan lempung mengandung airtanah payau dan lapisan lempung bercampur pasir mengandung airtanah tawar.

Zona aerasi yang ada pada wilayah ini tersusun atas material lempung bercampur pasir kering yang memiliki ketebalan lapisan 0,75 – 2,57 meter, dengan nilai resistivitas 4,03 – 29,4 Ωm . Lapisan lempung mengandung airtanah payau dijumpai pada kedalaman 4,09 hingga kedalaman maksimum 15,8 meter. Lapisan ini merupakan lapisan akuiklud yang memiliki resistivitas 1,33 – 4,68 Ωm dengan ketebalan lapisan berkisar antara 3,12 hingga 9,81 meter. Lapisan lempung bercampur pasir mengandung airtanah tawar dijumpai pada kedalaman 10,8 hingga kedalaman maksimum 35,7 meter. Lapisan ini memiliki resistivitas 6,1 – 35,6 Ωm dengan ketebalan lapisan berkisar antara 7,9 hingga 23,8 meter. Lapisan airtanah tawar ini merupakan lapisan akuifer tertekan (*confined aquifer*) karena berada di antara lapisan akuiklud maupun lapisan akuiklud dengan lapisan akuitard.

Sebagian besar lapisan material pada penampang hidrostratigrafi ini tidak selaras dan tidak memiliki korelasi dengan material serupa yang ada pada titik geolistrik lain walaupun berada pada bentuklahan yang sama. Hal tersebut dimungkinkan terjadi karena adanya

perbedaan litologi atau material penyusun yang berbeda. Titik G2 dan G8 berada pada wilayah yang tersusun atas Formasi Pamekasan (Qpp), sedangkan titik G5 dan G11 tersusun atas Formasi Aluvium (Qa). Selain itu, tidak selarasnya material yang ada pada penampang ini kemungkinan terjadi karena adanya proses geomorfologi yang kompleks terjadi pada masa lampau. Wilayah ini dimungkinkan terbentuk tidak hanya oleh proses marin, tapi juga oleh proses fluvial dan struktural jika dilihat dari sejarah geologinya.

Lapisan – lapisan yang tidak selaras tersebut membentuk akuifer, akuiklud, dan akuitard lokal yang hanya ditemui pada wilayah yang sempit. Salah satu lapisan tersebut adalah lapisan batu gamping keras dan kering. Lapisan batu gamping ini dapat ditemui pada titik G5, berada pada kedalaman lebih dari 26,3 meter dengan resistivitas 1.272 Ωm . Besarnya resistivitas lapisan ini disebabkan karena lapisan ini memiliki porositas yang sangat kecil dan bersifat *semi impermeable*. Lapisan batu gamping ini merupakan bagian dar Formasi Pamekasan (Qpp) yang terbentuk pada Kala Plistosen. Lapisan lain yang ditemukan pada penampang ini adalah lapisan lempung mengandung airtanah asin dan lapisan pasir mengandung airtanah tawar.



Gambar 4. Penampang Hidrostratigrafi 3

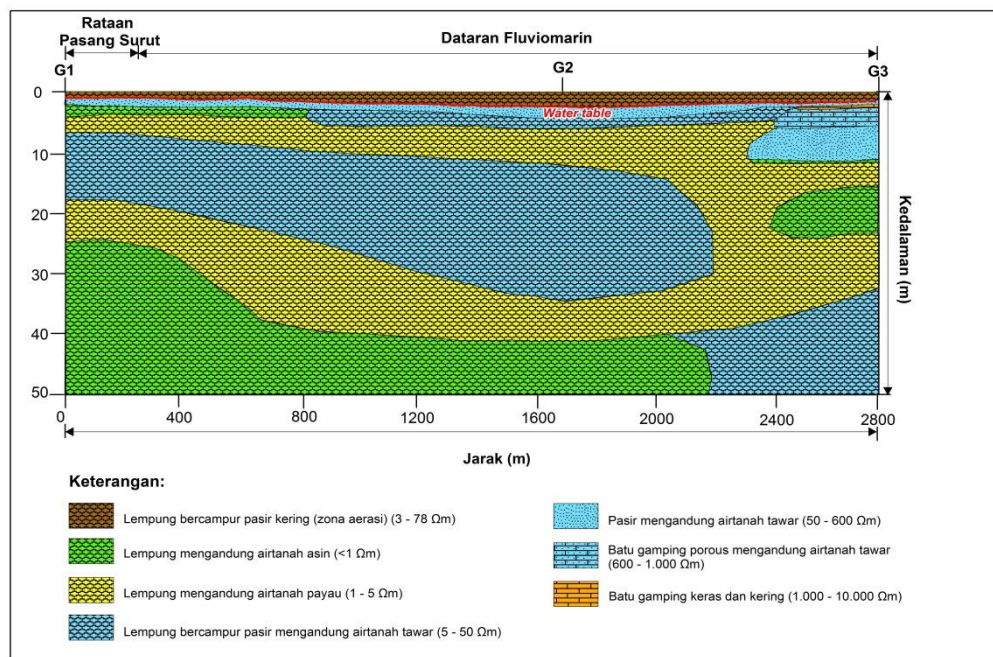
Penampang Hidrostratigrafi 3 meliputi titik G3, G6, dan G9 yang membentang dari arah barat menuju timur. Seluruh titik geolistrik tersebut berada pada dataran fluviomarin. Berdasarkan penampang tersebut, diketahui hanya dua lapisan yang memiliki korelasi atau berhubungan dengan ketiga titik pendugaan geolistrik tersebut. Kedua lapisan yang terdapat pada ketiga titik geolistrik dan saling memiliki hubungan adalah lapisan zona aerasi dan lapisan lempung mengandung airtanah payau.

Zona aerasi yang ada pada wilayah ini tersusun atas material lempung bercampur pasir kering yang memiliki ketebalan lapisan 0,75 – 1,11 meter, dengan nilai resistivitas 8,37 – 77,8 Ωm . Lapisan lempung mengandung airtanah payau dijumpai pada kedalaman 0,75 hingga kedalaman maksimum 33,7 meter. Lapisan ini merupakan lapisan akuiklud yang memiliki resistivitas 1,09 – 4,81 Ωm dengan ketebalan lapisan berkisar antara 0,86 hingga 18,2 meter.

Sebagian besar lapisan material pada penampang hidrostratigrafi ini tidak selaras dan tidak memiliki korelasi dengan material serupa yang ada pada titik geolistrik lain walaupun berada pada bentuklahan yang sama. Hal tersebut dimungkinkan terjadi karena adanya perbedaan litologi atau material penyusun yang berbeda. Titik G3 berada pada wilayah yang

tersusun atas Formasi Pamekasan (Qpp), sedangkan titik G6 dan G9 tersusun atas Formasi Aluvium (Qa). Selain itu, tidak selarasnya material yang ada pada penampang ini kemungkinan terjadi karena adanya proses geomorfologi yang kompleks terjadi pada masa lampau. Wilayah ini dimungkinkan terbentuk tidak hanya oleh proses marin, tapi juga oleh proses fluvial dan struktural jika dilihat dari sejarah geologinya.

Lapisan – lapisan yang tidak selaras tersebut membentuk akuifer, akuiklud, dan akuitard lokal yang hanya ditemui pada wilayah yang sempit. Salah satu lapisan tersebut adalah lapisan batu gamping *porous* mengandung airtanah tawar hanya ditemui pada titik G3 pada kedalaman 2,04 – 6,2 meter dengan resistivitas 953 Ωm . Lapisan batu gamping ini merupakan lapisan akuifer sekunder karena memiliki banyak pori-pori sekunder (rongga-rongga) sehingga dapat melalukan dan menyimpan airtanah. Lapisan lain yang ditemukan pada penampang hidrostratigrafi ini adalah lapisan lempung mengandung airtanah asin, lapisan lempung bercampur pasir mengandung airtanah tawar, lapisan pasir mengandung airtanah tawar, dan lapisan batu gamping keras dan kering.



Gambar 5. Penampang Hidrostratigrafi 4

Penampang Hidrostratigrafi 4 meliputi titik G1, G2, dan G3 yang membentang dari arah utara menuju selatan. Titik G1 terletak di Desa Ujung Piring dengan bentuklahan rataan pasang surut dan jarak dari pantai sejauh 0,343 km. Titik G2 terletak di Desa Sembilangan dengan bentuklahan dataran fluviomarin dan jarak dari pantai sejauh 1,027 km. Titik G3 terletak di Desa Sembilangan dengan bentuklahan dataran fluviomarin dan jarak dari pantai sejauh 0,986 km. Berdasarkan penampang tersebut, diketahui hanya beberapa lapisan yang memiliki korelasi atau berhubungan dengan ketiga titik pendugaan geolistrik tersebut. Beberapa lapisan yang terdapat pada ketiga titik geolistrik dan saling memiliki hubungan adalah lapisan zona aerasi, lapisan pasir mengandung airtanah tawar, dan lapisan lempung mengandung airtanah payau.

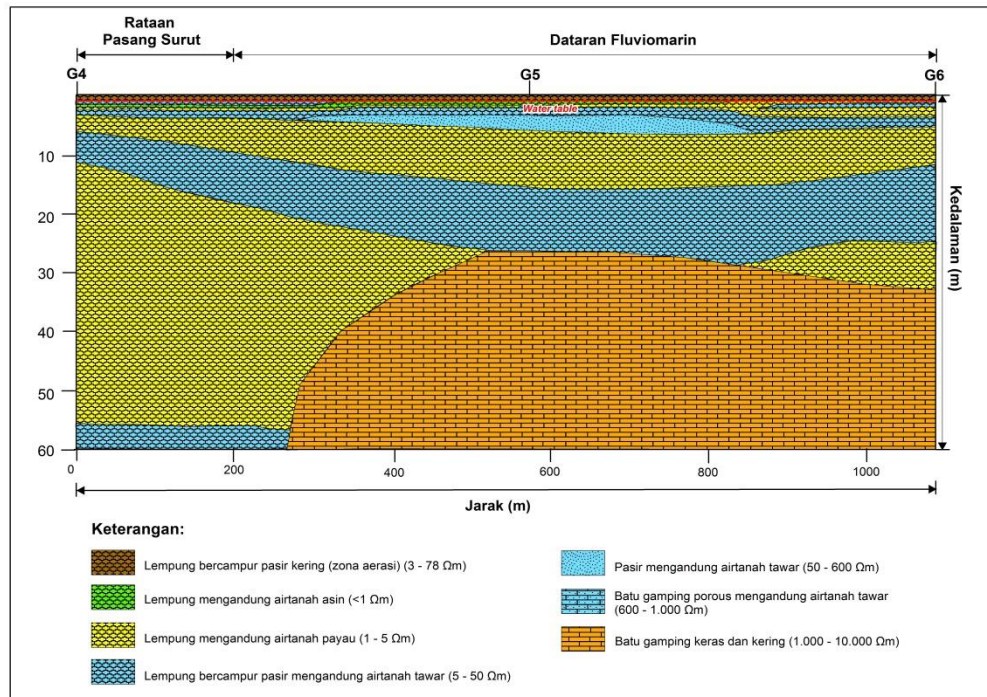
Zona aerasi yang ada pada wilayah ini tersusun atas material lempung bercampur pasir kering yang memiliki ketebalan lapisan 0,75 – 2,57 meter, dengan nilai resistivitas 12,4 – 77,8 Ω m. Lapisan pasir mengandung airtanah tawar dijumpai pada kedalaman 0,75 hingga kedalaman maksimum 4,54 meter dengan resistivitas 118 – 387 Ω m. Lapisan ini merupakan lapisan akuifer bebas (*unconfined aquifer*) karena berada di bawah zona aerasi. Lapisan lempung mengandung airtanah payau dijumpai pada kedalaman 6,65 hingga kedalaman maksimum 41,7 meter. Lapisan ini merupakan lapisan akuiklud yang memiliki resistivitas 1 – 5 Ω .

Sebagian besar lapisan material pada penampang hidrostratigrafi ini tidak selaras dan tidak memiliki korelasi dengan material serupa yang ada pada titik geolistrik lain. Hal tersebut dimungkinkan terjadi karena adanya bentuklahan yang berbeda. Titik G1 berada pada wilayah rataan pasang surut, sedangkan titik G2 dan G3 berada pada wilayah dataran fluviomarin. Selain itu, tidak selarasnya material yang ada pada penampang ini kemungkinan terjadi karena adanya proses

geomorfologi yang kompleks terjadi pada masa lampau. Wilayah ini dimungkinkan terbentuk tidak hanya oleh proses marin, tapi juga oleh proses fluvial dan struktural jika dilihat dari sejarah geologinya.

Lapisan – lapisan yang tidak selaras tersebut membentuk akuifer, akuiklud, dan akuitard lokal yang hanya ditemui pada wilayah yang sempit. Salah satu lapisan tersebut adalah lapisan lempung mengandung airtanah asin. Lapisan airtanah asin pada titik G1 ditemukan pada kedalaman 2,59 meter dari permukaan tanah. Lapisan airtanah asin ini memiliki resistivitas 0,37 Ω m dan ketebalan lapisan mencapai 2,4 meter. Airtanah asin di wilayah ini diduga merupakan karena faktor intrusi air laut secara alami. Air asin yang berasal dari laut kemungkinan dapat masuk akuifer oleh aliran melalui akuifer tersingkap atau bocoran yang melewati lapisan pembatas atau *interface*. Hal tersebut didukung dengan tidak banyaknya permukiman yang berada pada titik G1. Oleh karena itu, faktor manusia sulit dipertimbangkan dalam penyebab keberadaan air asin pada wilayah ini. Selain itu, titik G1 merupakan bentuklahan rataan pasang surut sehingga pengaruh pasang surut dan aktivitas marin lainnya cukup mempengaruhi keberadaan airtanah asin pada material bawah permukaan tanah yang cukup dangkal.

Lapisan airtanah asin lainnya ditemukan pada kedalaman yang lebih dalam pada titik G1, G2, dan G3. Lapisan airtanah asin ini ditemukan pada kedalaman lebih dari 12,1 meter dari permukaan tanah dan tersusun atas material lempung. Nilai resistivitas airtanah asin ini berkisar antara 0,0264 – 0,223 Ω m dengan ketebalan lapisan 0,1 – 7,3 meter. Keberadaan airtanah asin pada lapisan ini diduga terjadi karena adanya air fosil (*connate water*) atau air laut yang terjebak dalam lapisan lempung selama proses pembentukan batuan mengingat kedalaman lapisan yang tidak memungkinkan adanya pengaruh manusia maupun pengaruh aktivitas marin saat ini.



Gambar 6. Penampang Hidrostratigrafi 5

Penampang Hidrostratigrafi 5 meliputi titik G4, G5, dan G6 yang membentang dari arah utara menuju selatan. Titik G4 terletak pada bentuklahan ratahan pasang surut dan jarak dari pantai sejauh 0,132 km. Titik G5 terletak pada bentuklahan dataran fluvio marin dan jarak dari pantai sejauh 0,717 km. Titik G6 terletak pada bentuklahan dataran fluvio marin dan jarak dari pantai sejauh 1,217 km. Ketiga titik tersebut berada pada Desa Mertajasah. Berdasarkan penampang tersebut, diketahui hanya beberapa lapisan yang memiliki korelasi atau berhubungan dengan ketiga titik pendugaan geolistrik tersebut. Beberapa lapisan yang terdapat pada ketiga titik geolistrik dan saling memiliki hubungan adalah lapisan zona aerasi, lapisan lempung mengandung airtanah payau, dan lapisan lempung bercampur pasir mengandung airtanah tawar.

Zona aerasi yang ada pada wilayah ini tersusun atas material lempung bercampur pasir kering yang memiliki ketebalan lapisan 0,75 meter, dengan nilai resistivitas 3,4 – 9,62 Ωm. Lapisan lempung mengandung airtanah payau dijumpai pada kedalaman 0,75 – 3,52 meter dan pada kedalaman 2,55 – 15,8 meter. Lapisan ini merupakan lapisan akuiklud yang memiliki resistivitas 1 – 5 Ω. Lapisan lempung bercampur pasir mengandung airtanah tawar dijumpai pada kedalaman 5,69 hingga

kedalaman maksimum 26,3 meter dengan resistivitas 15,5 – 34,3 Ωm. Lapisan ini merupakan lapisan akuifer tertekan (*confined aquifer*) karena berada diantara lapisan akuiklud maupun akuitard.

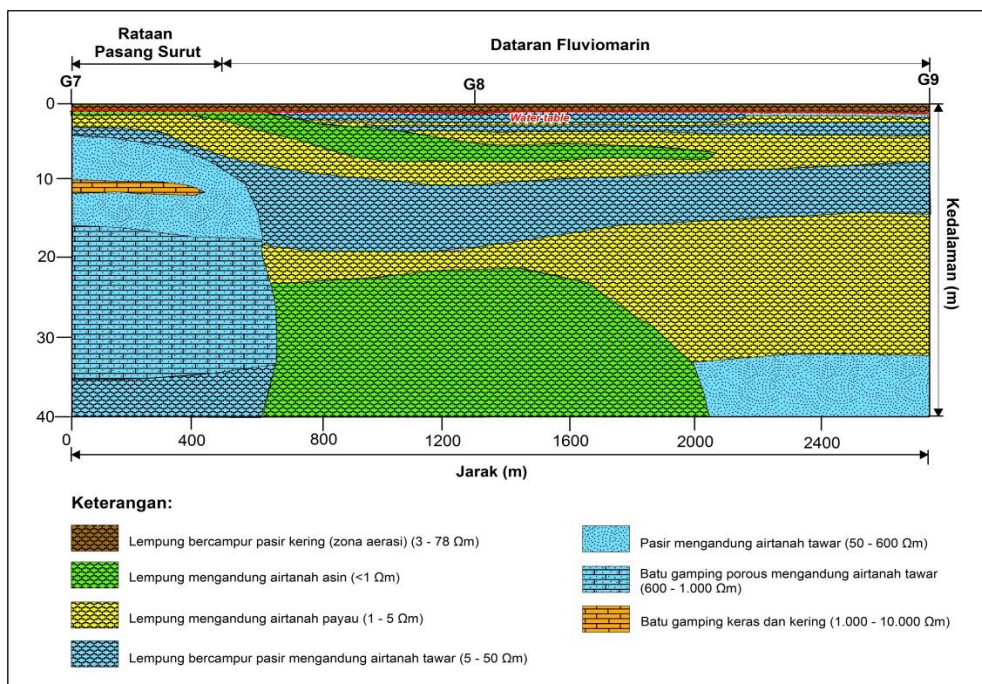
Sebagian besar lapisan material pada penampang hidrostratigrafi ini tidak selaras dan tidak memiliki korelasi dengan material serupa yang ada pada titik geolistrik lain. Hal tersebut dimungkinkan terjadi karena adanya bentuklahan yang berbeda walaupun tersusun atas formasi batuan yang sama. Titik G4 berada pada wilayah ratahan pasang surut, sedangkan titik G5 dan G6 berada pada wilayah dataran fluvio marin. Berdasarkan Peta Geologi Wilayah Kepesisiran Kecamatan Bangkalan, ketiga titik tersebut tersusun atas Formasi Aluvium (Qa). Selain itu, tidak selarasnya material yang ada pada penampang ini kemungkinan terjadi karena adanya proses geomorfologi yang kompleks terjadi pada masa lampau. Wilayah ini dimungkinkan terbentuk tidak hanya oleh proses marin, tapi juga oleh proses fluvial dan struktural jika dilihat dari sejarah geologinya.

Lapisan – lapisan yang tidak selaras tersebut membentuk akuifer, akuiklud, dan akuitard lokal yang hanya ditemui pada wilayah yang sempit. Salah satu contoh lapisan tersebut

adalah lapisan lempung mengandung airtanah asin. Lapisan airtanah asin ditemukan pada titik G4 dan G5. Lapisan airtanah asin pada titik G4 ditemukan di bawah kedalaman 0,912 meter dari permukaan tanah. Lapisan airtanah asin ini memiliki resistivitas 0,512 Ωm dan ketebalan lapisan mencapai 0,308 meter. Airtanah asin di wilayah ini diduga merupakan karena faktor intrusi air laut secara alami. Air asin yang berasal dari laut kemungkinan dapat masuk akuifer oleh aliran melalui akuifer tersingkap atau bocoran yang melewati lapisan pembatas atau *interface*. Hal tersebut disebabkan karena tidak banyak permukiman yang berada pada titik G4. Oleh karena itu, faktor manusia sulit dipertimbangkan dalam penyebab keberadaan air asin pada wilayah ini. Selain itu, titik G4 merupakan bentuklahan rataan pasang surut sehingga pengaruh pasang surut dan aktivitas marin lainnya cukup mempengaruhi keberadaan air asin pada material bawah

permukaan tanah yang dangkal.

Lapisan airtanah asin pada titik G5 juga ditemukan di bawah zona aerasi dengan kedalaman lebih dari 0,75 meter dari permukaan tanah dan tersusun atas material lempung. Lapisan airtanah asin ini memiliki nilai resistivitas 0,551 Ωm dengan ketebalan lapisan 0,113 meter. Keberadaan airtanah asin pada lapisan ini diduga terjadi karena adanya air laut yang terjebak dalam lapisan lempung atau dapat disebut sebagai air fosil (*connate water*). Hal tersebut juga didukung dengan penggunaan lahan sekitar yang masih berupa rawa payau atau tambak yang menunjukkan bahwa masih terpengaruh oleh aktivitas marin masa lalu. Ketika proses pembentukan material lempung, air laut pernah mengalami pasang hingga titik ini, sehingga ketika permukaan laut mulai turun, air asin masih tertinggal pada lapisan lempung di titik ini.



Gambar 7. Penampang Hidrostratigrafi 6

Penampang Hidrostratigrafi 6 meliputi titik G7, G8, dan G9 yang membentang dari arah utara menuju selatan. Titik G7 terletak di Kelurahan Pangeranan dengan bentuklahan rataan pasang surut dan jarak dari pantai sejauh 0,145 km. Titik G8 terletak di Kelurahan Demangan dengan bentuklahan dataran fluviomarin dan jarak dari pantai sejauh 1,453 km. Titik G9 terletak di Kelurahan Mlajah

dengan bentuklahan dataran fluviomarin dan jarak dari pantai sejauh 2,941 km. Berdasarkan penampang tersebut, diketahui hanya beberapa lapisan yang memiliki korelasi atau berhubungan dengan ketiga titik pendugaan geolistrik tersebut. Beberapa lapisan yang terdapat pada ketiga titik geolistrik dan saling memiliki hubungan adalah lapisan zona aerasi, lapisan lempung mengandung airtanah payau,

dan lapisan lempung bercampur pasir mengandung airtanah tawar.

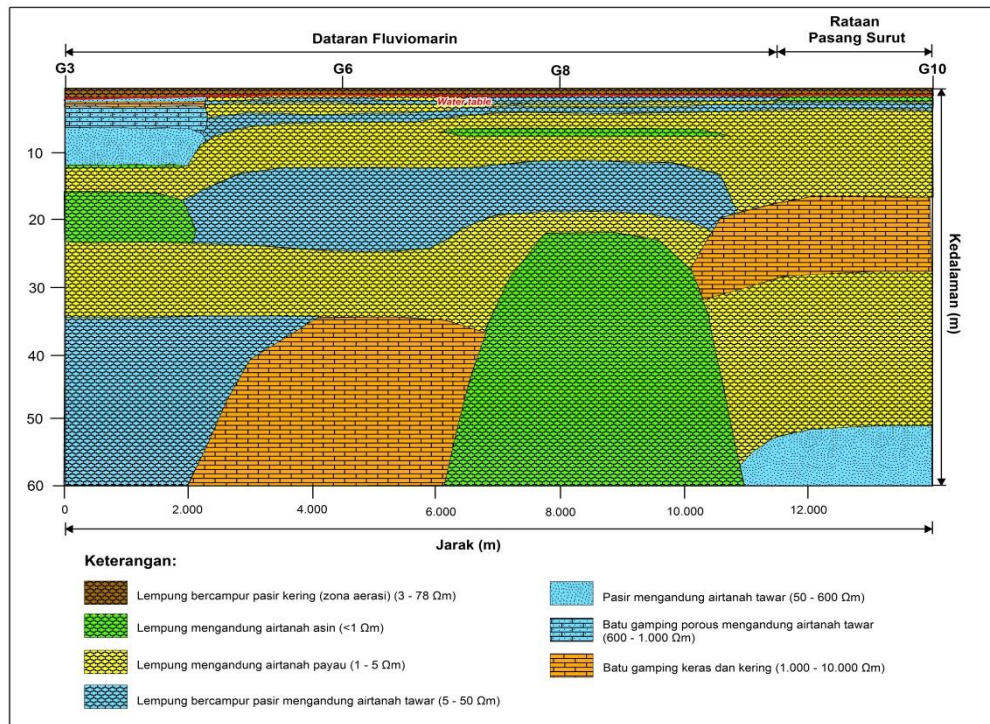
Zona aerasi yang ada pada wilayah ini tersusun atas material lempung bercampur pasir kering yang memiliki ketebalan lapisan 0,75 – 0,907 meter, dengan nilai resistivitas 13,1 – 50,8 Ωm . Lapisan lempung mengandung airtanah payau dijumpai pada kedalaman 0,906 – 10,8 meter. Lapisan ini merupakan lapisan akuiklud yang memiliki resistivitas 1 – 5 Ω . Lapisan lempung bercampur pasir mengandung airtanah tawar dijumpai pada kedalaman 3,28 hingga kedalaman maksimum 19,3 meter dengan resistivitas 12 – 20,7 Ωm . Lapisan ini merupakan lapisan akuifer tertekan (*confined aquifer*) karena berada diantara lapisan akuiklud maupun akuitard.

Sebagian besar lapisan material pada penampang hidrostratigrafi ini tidak selaras dan tidak memiliki korelasi dengan material serupa yang ada pada titik geolistrik lain. Hal tersebut dimungkinkan terjadi karena adanya bentuklahan dan litologi atau material penyusun yang berbeda. Titik G7 berada pada wilayah rataan pasang surut, sedangkan titik G8 dan G9 berada pada wilayah dataran fluviomarin. Berdasarkan Peta Geologi Wilayah Kepesisiran Kecamatan Bangkalan, titik G7 dan G9 tersusun atas Formasi Aluvium (Qa), sedangkan titik G8 tersusun atas Formasi Pamekasan (Qpp). Selain itu, tidak selarasnya material yang ada pada penampang ini kemungkinan terjadi karena adanya proses geomorfologi yang kompleks terjadi pada masa lampau. Wilayah ini dimungkinkan terbentuk tidak hanya oleh proses marin, tapi juga oleh proses fluvial dan struktural jika dilihat dari sejarah geologinya.

Lapisan – lapisan yang tidak selaras tersebut membentuk akuifer, akuiklud, dan akuitard lokal yang hanya ditemui pada wilayah

yang sempit. Salah satu contoh lapisan tersebut adalah lapisan lempung mengandung airtanah asin ditemukan pada titik G7 dan G8. Lapisan airtanah asin pada titik G7 ditemukan di bawah zona aerasi dengan kedalaman 0,75 meter dari permukaan tanah. Lapisan airtanah asin ini memiliki resistivitas 0,262 Ωm dan ketebalan lapisan mencapai 0,211 meter. Airtanah asin di wilayah ini diduga merupakan karena faktor intrusi air laut secara alami. Air asin yang berasal dari laut kemungkinan dapat masuk akuifer oleh aliran melalui akuifer tersingkap atau bocoran yang melewati lapisan pembatas atau *interface*. Hal tersebut disebabkan karena semua masyarakat Perumahan Wisma Pangeranan Asri yang berada di titik G7 menggunakan air PDAM dan tidak menggunakan airtanah dalam pemenuhan kebutuhan air sehari-hari. Oleh karena itu, faktor manusia sulit dipertimbangkan dalam penyebab keberadaan air asin pada wilayah ini. Selain itu, titik G7 merupakan bentuklahan rataan pasang surut sehingga pengaruh pasang surut dan aktivitas marin lainnya cukup mempengaruhi keberadaan airtanah asin pada material bawah permukaan tanah yang dangkal.

Lapisan airtanah asin lainnya ditemukan pada kedalaman yang lebih dalam pada titik G8. Lapisan airtanah asin ini ditemukan pada kedalaman lebih dari 6,12 meter dari permukaan tanah dan tersusun atas material lempung. Nilai resistivitas lapisan airtanah asin ini berkisar antara 0,298 – 0,714 Ωm . Keberadaan airtanah asin pada lapisan ini diduga terjadi karena adanya air fosil (*connate water*) atau air yang terjebak dalam lapisan lempung selama proses pembentukan batuan mengingat jarak yang cukup jauh dari garis pantai dan kedalaman lapisan yang tidak memungkinkan adanya pengaruh manusia maupun pengaruh aktivitas marin saat ini.



Gambar 8. Resistivity Cross-section 7

Penampang Hidrostratigrafi 7 meliputi titik G3, G6, G8 dan G10 yang memotong bentuklahan dan formasi batuan yang berbeda dengan arah barat daya menuju timur laut. Titik G3 terletak di Desa Sembilangan pada bentuklahan dataran fluviomarin. Titik G6 terletak di Desa Mertajasah pada bentuklahan dataran fluviomarin. Titik G9 terletak di Kelurahan Demangan pada bentuklahan dataran fluviomarin. Titik G10 terletak di Desa Sabiyan pada bentuklahan ratahan pasang surut. Berdasarkan penampang tersebut, diketahui hanya dua lapisan yang memiliki korelasi atau berhubungan dengan keempat titik pendugaan geolistrik tersebut. Dua lapisan yang terdapat pada keempat titik geolistrik dan saling memiliki hubungan adalah lapisan zona aerasi dan lapisan lempung mengandung airtanah payau.

Zona aerasi yang ada pada wilayah ini tersusun atas material lempung bercampur pasir kering yang memiliki ketebalan lapisan 0,75 – 1,11 meter, dengan nilai resistivitas 8,37 – 77,8 Ωm . Lapisan lempung mengandung airtanah payau dijumpai pada kedalaman 3,07 – 17 meter. Lapisan ini merupakan lapisan akuiklud yang memiliki resistivitas 1 – 5 Ω .

Sebagian besar lapisan material pada penampang hidrostratigrafi ini tidak selaras dan

tidak memiliki korelasi dengan material serupa yang ada pada titik geolistrik lain. Hal tersebut dimungkinkan terjadi karena adanya bentuklahan dan litologi atau material penyusun yang berbeda. Titik G10 berada pada wilayah ratahan pasang surut, sedangkan titik G3, G6 dan G8 berada pada wilayah dataran fluviomarin. Berdasarkan Peta Geologi Wilayah Kepesisiran Kecamatan Bangkalan, titik G6 dan G10 tersusun atas Formasi Aluvium (Qa), sedangkan titik G3 dan G8 tersusun atas Formasi Pamekasan (Qpp). Selain itu, tidak selarasnya material yang ada pada penampang ini kemungkinan terjadi karena adanya proses geomorfologi yang kompleks terjadi pada masa lampau. Wilayah ini dimungkinkan terbentuk tidak hanya oleh proses marin, tapi juga oleh proses fluvial dan struktural jika dilihat dari sejarah geologinya.

Lapisan – lapisan yang tidak selaras tersebut membentuk akuifer, akuiklud, dan akuitard lokal yang hanya ditemui pada wilayah yang sempit. Salah satu contoh lapisan tersebut adalah lapisan lempung mengandung airtanah asin ditemukan pada titik G10, G3, dan G8. Lapisan airtanah asin pada titik G10 ditemukan di bawah zona aerasi dengan kedalaman 0,75 meter dari permukaan tanah. Lapisan air asin ini memiliki resistivitas 0,387 Ωm dan ketebalan lapisan mencapai 0,89 meter.

Airtanah asin di wilayah ini diduga merupakan karena faktor intrusi air laut secara alami. Air asin yang berasal dari laut kemungkinan dapat masuk akuifer oleh aliran melalui akuifer tersingkap atau bocoran yang melewati lapisan pembatas atau *interface*. Hal tersebut didukung dengan tidak banyaknya permukiman yang berada pada titik G10. Oleh karena itu, faktor manusia sulit dipertimbangkan dalam penyebab keberadaan air asin pada wilayah ini. Selain itu, titik G10 merupakan bentuklahan rataan pasang surut sehingga pengaruh pasang surut dan aktivitas marin lainnya cukup mempengaruhi keberadaan airtanah asin pada material bawah permukaan tanah yang dangkal.

Lapisan airtanah asin lainnya yang lebih dalam ditemukan pada titik G3 dan G8. Lapisan airtanah asin ini ditemukan pada kedalaman 6,12 dan 23,7 meter dan tersusun atas material lempung. Nilai resistivitas lapisan airtanah asin ini berkisar antara 0,153 – 0,714 Ω m. Keberadaan airtanah asin pada lapisan ini diduga terjadi karena adanya air fosil (*connate water*) atau air yang terjebak dalam lapisan lempung selama proses pembentukan batuan mengingat jarak yang cukup jauh dari garis pantai dan kedalaman lapisan yang tidak memungkinkan adanya pengaruh manusia maupun pengaruh aktivitas marin saat ini.

Persebaran Airtanah Asin

Berdasarkan hasil pendugaan geolistrik, airtanah asin di wilayah kepesisiran Kecamatan Bangkalan ditemukan pada delapan titik pendugaan geolistrik, yaitu titik G1, G2, G3, G4, G5, G7, G8, dan G10. Titik-titik geolistrik tersebut terletak di Desa Ujung Piring, Desa Sembilangan, Desa Mertajasah, Kelurahan Pangeranan, Kelurahan Demangan, dan Desa Sabiyan. Wilayah-wilayah yang ditemukan air asin tersebut berada pada bentuklahan rataan pasang surut dan dataran fluviomarin.

Airtanah asin di wilayah penelitian umumnya ditemukan pada lapisan lempung dengan nilai resistivitas kurang dari satu ohmmeter. Keberadaan airtanah asin pada lapisan lempung karena sifat lempung yang mampu mengikat dan menjebak airtanah asin dengan baik menjadikan molekul airtanah beserta mineral dan garam dapat terikat pada lapisan lempung, termasuk pada bagian permukaan. Ketebalan lapisan airtanah asin cukup berbeda pada tiap titik bergantung pada

lapisan batuan dan kondisi geologi bawah permukaan pada lokasi tersebut.

Faktor penyebab keberadaan airtanah asin pada wilayah penelitian dapat dibedakan berdasarkan bentuklahannya. Airtanah asin pada bentuklahan rataan pasang surut disebabkan karena faktor intrusi air laut secara alami. Air asin yang berasal dari laut kemungkinan dapat masuk akuifer oleh aliran melalui akuifer tersingkap atau bocoran yang melewati lapisan pembatas atau *interface*. Faktor manusia sulit dipertimbangkan dalam penyebab keberadaan airtanah asin di wilayah rataan pasang surut karena tidak banyak permukiman yang dibangun pada wilayah tersebut. Airtanah asin pada bentuklahan dataran fluviomarin diduga karena adanya air fosil (*connate water*) atau air yang terjebak dalam lapisan lempung selama proses pembentukan batuan mengingat jarak yang cukup jauh dari garis pantai dan kedalaman lapisan yang tidak memungkinkan adanya pengaruh manusia maupun pengaruh aktivitas marin saat ini.

KESIMPULAN

1. Lapisan material yang ditemukan pada wilayah kepesisiran Kecamatan Bangkalan adalah lapisan lempung bercampur pasir kering (zona aerasi), lempung mengandung airtanah asin, lempung mengandung airtanah payau, lempung bercampur pasir mengandung airtanah tawar, pasir mengandung airtanah tawar, batu gamping *porous* mengandung airtanah tawar, dan batu gamping keras dan kering. Sebagian besar lapisan material pada wilayah penelitian tidak selaras dan tidak memiliki korelasi dengan material serupa yang ada pada wilayah lain dengan bentuklahan dan litologi yang disebabkan oleh kemungkinan terjadi karena adanya proses geomorfologi kompleks (marin, struktural, dan fluvial) yang terjadi pada masa lampau. Lapisan – lapisan yang tidak selaras tersebut membentuk akuifer, akuiklud, dan akuitard lokal yang hanya ditemui pada wilayah yang sempit. Lapisan – lapisan yang tidak selaras tersebut membentuk akuifer, akuiklud, dan akuitard lokal yang dapat ditemui pada wilayah yang relatif sempit. Jenis akuifer yang ditemukan adalah akuifer bebas (*unconfined aquifer*) yang berada di bawah zona aerasi, akuifer tertekan (*confined*

aquifer) yang terdapat di antara dua lapisan *impermeable* maupun semi *impermeable* dan akuifer sekunder (*secondary aquifer*) pada batu gamping yang memiliki banyak pori-pori sekunder.

2. Airtanah asin di wilayah penelitian ditemukan pada Desa Ujung Piring, Desa Sembilangan, Desa Mertajasah, Kelurahan Pangeranan, Kelurahan Demangan, dan Desa Sabiyan. Wilayah-wilayah yang ditemukan air asin tersebut berada pada bentuklahan rata-rata pasang surut dan dataran fluviomarin. Airtanah asin tersebut umumnya ditemukan pada lapisan lempung. Penyebab keberadaan airtanah asin tersebut dapat dibedakan menjadi dua faktor. Airtanah asin pada bentuklahan rata-rata pasang surut disebabkan karena faktor alami intrusi air laut. Airtanah asin pada bentuklahan dataran fluviomarin diduga karena adanya air fosil (*connate water*).

SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa cukup banyak airtanah yang bersifat payau hingga asin yang dapat mempengaruhi pemenuhan kebutuhan air domestik masyarakat di Wilayah Kepesisiran Kecamatan Bangkalan. Alangkah lebih baik jika dilakukan penelitian terhadap kualitas airtanah lebih lanjut untuk menjamin keamanan penggunaan airtanah oleh masyarakat, terlebih penelitian mengenai kualitas airtanah masih jarang dilakukan pada wilayah ini.

Pemerintah daerah perlu memfasilitasi penelitian melalui pendugaan geolistrik lebih lanjut pada wilayah ini. Penelitian dengan metode geolistrik sebelumnya sangat minim dan tidak adanya analisis lebih mendalam mengenai data geolistrik tersebut. Penelitian geolistrik lebih lanjut dapat bermanfaat untuk memaksimalkan pemanfaatan terhadap potensi airtanah yang ada pada wilayah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS. 2016. *Kabupaten Bangkalan dalam Angka 2016*. Bangkalan: Badan Pusat Statistik Kabupaten Bangkalan.
- Driscoll, F. G. 1987. *Groundwater and Wells*. St. Paul, Minnesota: Johnson Division.

Ngadenin, Subiantoro, L. dan Widana K. S. 2014. Studi Awal Geologi di Wilayah Kabupaten Pamekasan untuk Mendukung Pemilihan Calon Tapak Instalasi Desalinasi Nuklir. *Jurnal Eksplorium BATAN*. Vol. 35. No. 1: 29-42.

Purnama, S. 2010. *Hidrologi Airtanah*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.

Santosa, L. W. 2000. Model Hidrostratigrafi dan Hidrokimia untuk Penelusuran Genesis dan Tipe Akuifer di Lembah Rawa Jombor Kecamatan Bayat - Klaten. *Laporan Penelitian*. Yogyakarta: Lembaga Penelitian UGM.

Santosa, L. W. 2010. Kajian Evolusi Airtanah Bebas Sebagai Bukti Kunci Prinsip Dasar Uniformitarianisme Dalam Geomorfologi di Wilayah Kepesisiran Kabupaten Kulonprogo. *Laporan Akhir Penelitian Disertasi Doktor*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Santosa, L. W. dan Adji, T. N. 2014. *Karakteristik Akuifer dan Potensi Airtanah Graben Bantul*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Sudarmadji, 1990. Perambatan Pencemaran dalam Airtanah pada Akuifer Tak Tertekan di Daerah Lereng Gunungapi Merapi. *Laporan Penelitian*. Yogyakarta: PAU Ilmu Teknik, UGM.

Tood, D. K. 1980. *Groundwater Hydrology* Second Edition. New York: John Wiley and Sons.

