

KAJIAN INTERFACE DAN DEBIT MAKSIMUM PEMOMPAAN AIR TANAH BEBAS DI PANTAI DAN PESISIR KABUPATEN PURWOREJO, JAWA TENGAH

Santi Adhiatmi
santi.adhiatmi@gmail.com

Langgeng Wahyu Santosa
Wahyus_72@yahoo.co.id

Abstract

The main objective of this research are: (1) to know the depth of interface and (2) to calculate water pumping limit. Geoelectric survey is selected for getting resistivity, then the data will be used to understand the characteristic of aquifer and calculate zone of interface. Pumping test is selected for getting permeability of aquifer. The research result, first shows that the depth of interface are variable. The zone of interface in the area which has 100 meter from shore line is 30 - 60 meter and further to north the interface will deeper and then zone of interface is not detected until swale. Second, the groundwater pumping limit are calculated in two areas. In the first area which the zone of interface 37 meter, the ground water pumping limit is 188.82 m³/day. In the second area which has zone of interface 70 meter, the ground water pumping limit is 1475.76 m³/day.

Key words : interface, groundwater pumping limit, coast aquifer

Intisari

Tujuan dari penelitian ini adalah (1) mengetahui kedalaman interface dan (2) mengetahui debit maksimum pemompaan airtanah yang di perbolehkan. Data yang dikumpulkan adalah data tinggi muka airtanah (TMA), nilai daya hantar listrik (DHL), nilai tahanan jenis dan nilai permeabilitas akuifer. Metode Geolistrik konfigurasi Schlumberger dipilih untuk mengetahui karakteristik akuifer, zona interface. Metode uji pompa dipilih untuk mengetahui permeabilitas akuifer yang ada di daerah penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertama kondisi interface di daerah penelitian memiliki kedalaman interface yang bervariasi. Pada bentuklahan gisik yang memiliki jarak kurang lebih 100 meter dari garis pantai interface terdeteksi pada kedalaman 30 - 60 meter semakin ke utara zona interface semakin dalam dan kemudian pada swale muda kedalaman interface sudah tidak terdeteksi. Kedua, hasil perhitungan pemompaan maksimum yang diperbolehkan pada kedalaman interface 37 meter batas maksimum pemompaan adalah sebesar 188.82 m³/hari, pada interface dengan kedalaman 70 meter batas maksimum pemompaan yang diperbolehkan adalah sebesar 1475.76 m³/hari.

Kata kunci : *interface*, debit maksimum pemompaan, akuifer pesisir

PENDAHULUAN

Pemompaan airtanah di wilayah pesisir yang dilakukan secara berlebihan akan berpengaruh terhadap kedalaman *interface*. *Interface* merupakan batas antara airtanah yang tawar serta air laut yang asin. Pada batas ini terjadi hubungan keseimbangan antara airtanah dan airlaut (Kodatie, 1996). Ketika pemompaan airtanah tidak dilakukan secara berlebihan maka keseimbangan antara kedua jenis air tersebut dapat terjadi, apabila intrusi air laut sudah terjadi maka tidak ada keseimbangan antara air laut dan air tanah. Keseimbangan air laut dan airtanah dapat terganggu karena adanya penurapan airtanah yang berlebihan. Penurapan airtanah secara berlebihan akan menyebabkan terjadinya *upconing* yang akan mengganggu keseimbangan antara airtanah dan air laut. Oleh karena itu, prediksi batas *interface* dapat digunakan untuk melihat hubungan antara air laut dan airtanah. Semakin dangkal batas *interface* maka akan berpengaruh terhadap terjadinya intrusi air laut.

Wilayah Pesisir Purworejo memiliki pemanfaatan lahan yang bervariasi. Lahan-lahan di Wilayah Pesisir Purworejo dimanfaatkan sebagai permukiman, kebun, sawah maupun kegiatan penambakan. Tingginya pemanfaatan lahan yang ada di

daerah tersebut secara langsung akan berdampak pada tingginya kebutuhan air bersih yang akan dipenuhi dari airtanah. Semakin meningkatnya kebutuhan airtanah akan berdampak pada peningkatan debit pemompaan hal ini dapat menyebabkan keseimbangan antara airtanah dan air laut terganggu.

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini adalah :

- 1) mengetahui kedalaman *interface* di daerah penelitian ;
- 2) mengetahui debit maksimum pemompaan airtanah yang diperbolehkan di daerah penelitian.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian merupakan daerah pantai dan pesisir yang memiliki luas 25.75 m² yang secara geografi berada di antara Sungai Bogowonto dan Sungai Jali. Wilayah Pesisir Purworejo tidak hanya dimanfaatkan sebagai lokasi wisata namun juga dimanfaatkan sebagai kawasan permukiman, pertanian, perkebunan dan beragam aktivitas pemanfaatan lahan lainnya. Salah satu aktivitas yang semakin mengalami peningkatan adalah aktivitas budidaya tambak. Budidaya tambak secara langsung memanfaatkan airtanah untuk dalam

pelaksanaanya. Selain itu aktivitas pemanfaatan lahan yang lain wilayah pantai dan pesisir tersebut juga secara langsung mengambil airtanah. Hal ini akan berdampak pada jumlah pengambilan airtanah yang tinggi. Selain itu wilayah Pesisir Purworejo memiliki kondisi geomorfologi yang sangat bervariasi. Wilayah Pesisir Purworejo memiliki bentuklahan marin yang sangat kompleks. Kompleksitas bentuklahan marin yang ada di daerah penelitian ditunjukkan oleh adanya bentuklahan gisik, swale muda, beting gisik muda, swale tua dan beting gisik tua.

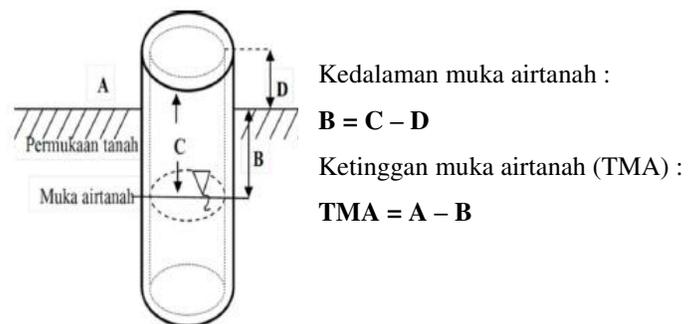
Metode penelitian dilakukan dengan menggumpulkan data – data secara langsung di lapangan (data primer). Pengukuran geolistrik dengan metode *Schlumberger* dan uji pompa untuk mengetahui nilai permeabilitas akuifer dilakukan secara *purposive sampling*. Sedangkan pengambilan data tinggi muka airtanah (TMA) dan daya hantar listrik (DHL) dilakukan secara *systematic random sampling*.

Cara Pengumpulan dan Pengolahan Data

1. Data Tinggi Muka Airtanah (TMA)

Data TMA diperoleh dengan melakukan pengukuran kedalaman sumur di lokasi penelitian. Pengukuran kedalaman sumur

dilakukan dengan menggunakan pita ukur. Data yang dikumpulkan saat dilakukan pengukuran dilapangan seperti ditunjukkan Gambar 1. Setelah diperoleh tinggi muka airtanah (TMA) pada setiap sumur kemudian dilakukan interpolasi dengan menggunakan *Three Point Method* untuk mendapatkan kontur airtanah dan arah aliran airtanah (*flownets*).



Gambar 1. Pengukuran TMA

Keterangan :

- A : ketinggian tempat dari muka air laut
- B : kedalaman muka airtanah
- C : jarak muka airtanah dari bibir sumur
- D : tinggi sumur dari permukaan tanah

2. Data Daya Hantar Listrik

Nilai DHL diukur dengan menggunakan EC Meter secara langsung di lapangan. Fungsi dari adanya pengumpulan data DHL adalah untuk pemetaan zonasi airtanah bebas berdasarkan nilai DHL. Zonasi airtanah adalah pengelompokan satuan airtanah berdasarkan kelas DHL. Pengambilan sampel DHL dilakukan secara *Systematic Random Sampling* yaitu

berdasarkan grid. Pengumpulan sampel dilakukan bersamaan dengan pengambilan sampel TMA. Nilai DHL kemudian diklasifikasikan seperti Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Nilai DHL

Kelas	Nilai DHL
DHL Rendah (Air Tawar)	< 1.200 $\mu\text{mhos/cm}$
DHL Sedang (Air Payau)	1.200 – 2.500 $\mu\text{mhos/cm}$
DHL Tinggi (Air Asin)	2.500– 4.500 $\mu\text{mhos/cm}$

Sumber : Fetter, 1988

3. Data Tahanan Jenis Material

Pengukuran dengan metode geolistrik pada penelitian ini dilakukan dengan teknik Schlumberger. Teknik ini dipilih karena dapat mengetahui lapisan – lapisan batuan kearah dalam atau secara vertikal (Zohdy, 1980). Penentuan titik pengukuran dengan menggunakan metode geolistrik dilakukan dengan metode *purposive sampling*. Dasar yang digunakan dalam penentuan jalur dan jumlah jalur untuk pengukuran metode geolistrik adalah dengan mendasarkan pada bentuklahan, material penyusun daerah penelitian serta nilai DHL. Penentuan nilai tahanan jenis dilakukan menggunakan rumus (Todd, 1980) :

$$R = K \frac{\Delta V}{I}$$

Keterangan :

- R : Tahanan Jenis (resistivitas) (ohm)
- K : Nilai Konstanta
- ΔV : Perubahan Potensial (volt)
- I : Kuat arus (ampere)

Nilai tahanan jenis tersebut harus diolah dengan menggunakan *Software IP2WIN*. Hal

ini bertujuan untuk memudahkan dalam melakukan analisis hidrostratigrafi.

Tabel 2. Klasifikasi Nilai Tahanan Jenis

Nilai Tahanan Jenis	Hidrostratigrafi
>750	Pasir marin-eolian kering (indikasi zona aerasi)
25 - 750	Pasir marin jenuh airtanah tawar (indikasi akuifer)
10 - 25	Lempung marin bercampur lanau dan pasir marin halus mengandung airtanah payau (indikasi akuitard)
1 - 10	Lempung marin mengandung airtanah payau (indikasi akuiklud)
>1	Lempung marin mengandung airtanah asin (indikasi zona <i>interface</i>)

Sumber : Santosa, 2012

4. Data Permeabilitas Akuifer

Perolehan data permeabilitas akuifer dilakukan dengan menggunakan uji pompa. Metode yang digunakan adalah metode *Slug Test*. Metode pengumpulan data permeabilitas akuifer dilakukan secara *Purposive Sampling*. Dalam melakukan uji pompa dipilih sumur yang memenuhi syarat untuk melakukan uji pompa yaitu sumur gali yang tidak seluruh dindingnya kedap air. Data hasil pengukuran uji pompa selanjutnya dihitung dengan menggunakan rumus (Bower and Rice, 1984) :

$$K = \frac{rc^2 \ln(r^e/r_w)}{2L} \frac{1}{t} \ln \frac{S_0}{S_t}$$

dengan

$$\ln r^e/r_w = \frac{1.1C}{\ln(H/r_w)} + \frac{-1}{L/r_w}$$

Keterangan :

- K : Permeabilitas akuifer (m/hari)
- Rc : Jari-jari sumur dibagian kedap air (m)
- rw : Jari-jari sumur di bagian porus (m)
- T : Waktu setelah pompa berhenti (detik)
- So : Jarak vertikal muka freatik awal pemompaan dan setelah pemompaan (m)
- St : Jarak vertikal muka freatik awal pemompaan dan pada waktu t setelah pompa berhenti (m)
- L : Ketinggian dinding sumur yang porus (m)
- H : Ketebalan air disumur, yang diukur dari dasar sumur sampai muka freatik (m)

Nilai permeabilitas akuifer yang telah diperoleh selanjutnya digunakan dalam perhitungan debit maksimum yang diperbolehkan (Q_{maks}) yang dihitung menggunakan rumus (Todd, 1980) :

$$Q_{maks} \leq \pi d^2 K \frac{\Delta \rho}{\rho f}$$

Keterangan :

- D : Jarak antara dasar sumur sampai muka *interface* (m)
- K : Koefisien permeabilitas akuifer (m/hari)
- $\Delta \rho : \rho_s - \rho_f$
- ρ_f : Berat Jenis Airtawar (1,000 gram/cm³)
- ρ_s : Berat Jenis Air laut (1,025 gram/cm³)

Untuk menentukan kenaikan interface (Z) yang terjadi digunakan rumus dibawah ini (Todd, 1980). Titik kritis kenaikan terjadi apabila nilai Z berada pada 0.3 – 0.5(Todd, 1980 ; Purnama, 2010).

$$Z = \frac{Q}{2\mu d K \left(\frac{\Delta \rho}{\rho f}\right)}$$

Keterangan :

- Z : kenaikan air asin akibat pemompaan secara lokal (m)
- d : jarak interface dan dasar sumur (m)
- K : permeabilitas akuifer (m/hari)
- z/d : titik kritis kenaikan interface

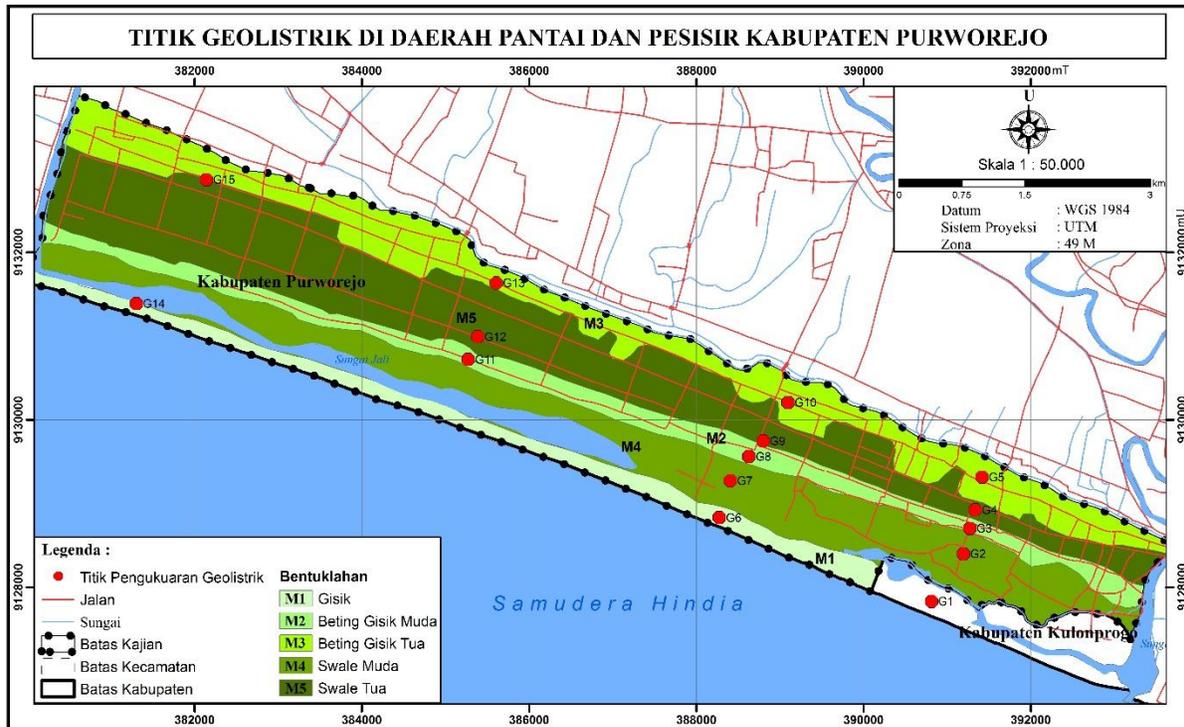
Cara Analisis Data

Analisis data dilakukan secara grafis, deskriptif, kerungan dan komparatif. Hidrostratografi akuifer dan kedalaman interface dilakukan analisis secara grafis, diskriptif, kerungan dan komparatif. Besarnya debit maksimum pemompaan serta kenaikan interface yang terjadi dilakukan analisis secara deskriptif, kerungan dan komparatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hidrostratografi dan Kedalaman Interface

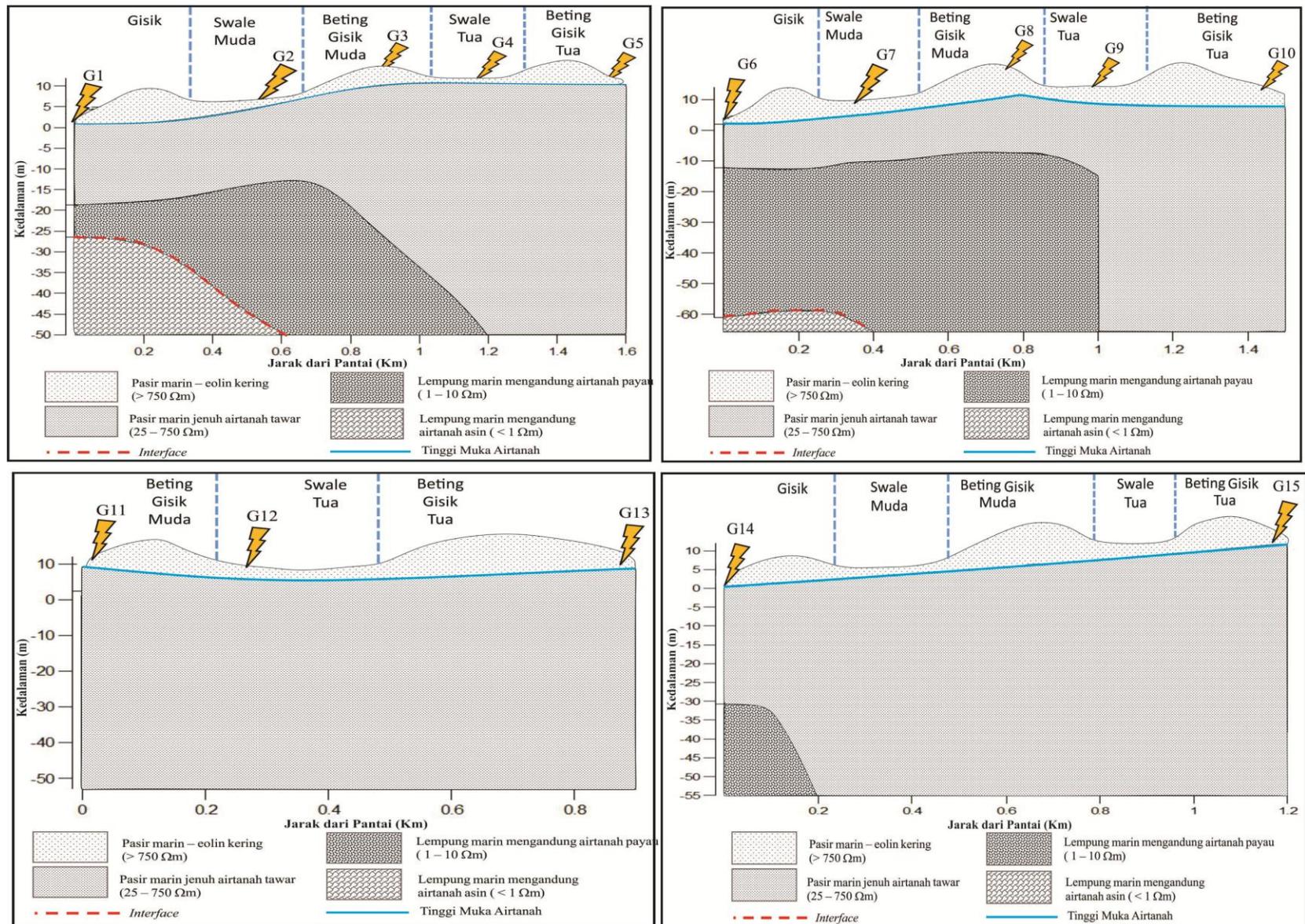
Pengukuran geolistrik konfigurasi Schlumberger digunakan untuk mengetahui hidrostratografi daerah penelitian yang selanjutnya digunakan untuk mengetahui kedalaman interface. Terdapat lima belas titik yang digunakan untuk mengetahui hidrostratografi dan keberadaan zona interface. Dari hasil pengukuran tiap titik kemudian dilakukan cross section yang digunakan untuk mengetahui distribusi hidrostratigrfi secara vertikal dan horizontal. Peta titik pengukuran geolistrik ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Lokasi Cross Section Titik Geolistrik di Daerah Pantai dan Pesisir Kabupaten Purworejo

Hasil pengukuran geolistrik yang telah dilakukan pada lima belas titik menunjukkan hidrostratigrafi akuifer dan zona interface seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Gambar tersebut menunjukkan bahwa hidrostratigrafi yang ada di daerah penelitian didominasi oleh material pasir marin yang jenuh oleh airtanah tawar. Material ini memiliki nilai tahanan jenis sebesar 25 – 750 Ω m. Material ini dijumpai pada semua bentuklahan yang ada di daerah penelitian yang berada pada kedalaman 2 hingga 5 meter dibawah permukaan tanah.

Pengukuran geolistrik yang dilakukan pada bentuklahan gisik dengan jarak dari garis pantai yaitu 100 – 130 meter menunjukkan bahwa terdapat material pasir marin kering yang berada hingga kedalaman 2 – 3 meter dari permukaan tanah. Pasir marin – eolin kering merupakan zona aerasi sehingga kondisinya kering atau tidak jenuh airtanah. Pasir marin eolin kering ditunjukkan dari nilai tegangan jenis yang tinggi yaitu lebih dari 750 Ω m. Material pasir marin kering ditemukan hampir pada semua bentuklahan dengan ketebalan yang bervariasi.



Gambar 3. Hidrostratigrafi Akuifer dan Zona Interface di Daerah Penelitian (Sumber : Hasil Pengolahan Data, 201)

Hasil pengukuran geolistrik menunjukkan bahwa material pasir marin merupakan material penyusun utama di pesisir Kabupaten Purworejo. Material pasir marin memiliki nilai tegangan jenis sebesar 25 – 750 Ω m. Material pasir marin merupakan material yang potensial. Hal ini didukung oleh kemampuannya yang dapat menyimpan dan meloloskan air dalam jumlah yang baik. Material pasir marin memiliki ketebalan yang bervariasi. Pada bentuklahan gisik yang dekat dengan pantai material pasir marin berada hingga kedalaman -15 hingga -30 meter dan menjadi semakin lebih dalam pada bentuklahan beting gisik muda dan beting gisik tua.

Lempung marin yang mengandung airtanah payau hingga asin ditemukan pada bentuklahan yang dekat dengan pantai. Material lempung marin yang mengandung airtanah asin hingga payau memiliki nilai tegangan jenis yang kecil. Keberadaan lempung marin yang mengandung airtanah payau mengindikasikan akuiklud sedangkan material yang mengandung airtanah asin mengindikasikan keberadaan zona interface.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa material lempung marin yang mengandung airtanah asin terdeteksi pada bentuklahan gisik yang berada 100 meter dari garis pantai. Zona interface yang ada terdeteksi pada

kedalaman -30 meter pada titik G1 sedangkan pada titik G6 zona interface terdeteksi pada kedalaman -60 meter. Adanya perbedaan kedalaman zona interface pada kedua titik ini dimungkinkan karena perbedaan waktu pengukuran, adanya pasang surut air laut dan pengaruh muara sungai yang berakibat pada masuknya air laut menuju akuifer pantai.

Zona interface terdeteksi pada bentuklahan gisik yang semakin ke utara atau semakin menuju ke arah darat interface menjadi semakin dalam hingga tidak terdeteksi pada bentuklahan swale muda, beting gisik muda, swale tua dan beting gisik tua. Keberadaan zona interface dapat digunakan untuk mengetahui batas antara air tawar dan air asin. Apabila didukung dengan data TMA dan data hidrogeokimia airtanah maka dapat diketahui pula apakah terjadi kenaikan interface atau upconing yang dapat menyebabkan intrusi air laut.

Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pada pesisir Kabupaten Purworejo tidak terjadi intrusi air laut. Hal ini didukung oleh aliran airtanah yang mengalir menuju laut. Aliran airtanah yang mengalir dari arah utara menuju ke laut ini diketahui dari hasil pemetaan TMA yang selanjutnya diubah menjadi kontur aliran airtanah selanjutnya dari kontur aliran airtanah dapat

diketahui arah aliran airtanahnya. Apabila aliran airtanah mengalir menuju ke darat maka telah terjadi intrusi air laut.

2. Debit Maksimum Pemompaan yang Diperbolehkan dan Kenaikan Inteface yang Terjadi.

Besarnya debit maksimum yang diperbolehkan dipengaruhi oleh nilai permeabilitas akuifer (K) dan jarak antara dasar sumur hingga muka interface (d). Debit maksimum pemompaan yang diperbolehkan menunjukkan jumlah maksimum penurapan yang boleh dilakukan. Apabila pemompaan dilakukan melebihi debit maksimum yang diperbolehkan maka dapat menyebabkan terjadinya intrusi air laut.

Perhitungan debit maksimum yang diperbolehkan dilakukan pada dua sumur yang digunakan untuk penentuan nilai permeabilitas akuifer. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa material didaerah penelitian adalah material pasir bersih, pasir dan kerikil. Hasil nilai permeabilitas akuifer ditunjukkan Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Nilai Permeabilitas Akuifer

Titik	Koordinat		Permeabilitas Akuifer
	X	Y	
1	391703	9127856	2.32 meter/hari
2	388201	9129234	4.62 meter/hari

Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2015

Debit maksimum pemompaan yang diperoleh pada sumur pertama adalah

sebesar 188.82 m³/hari. Pemompaan tersebut menyebabkan kenaikan interface sebesar 14.95 meter dari kedalaman interface semula adalah 37 meter sehingga interface akan naik pada kedalaman 22.05 meter dari permukaan tanah. Oleh karena itu sebaiknya dasar sumur dibuat tidak melebihi 22.05 meter dari permukaan tanah. Apabila dasar sumur dibuat melebihi batas tersebut maka pada saat dilakukan pemompaan dengan debit maksimum maka interface akan naik dan dapat masuk ke sumur. Dilakukannya pemompaan dengan debit maksimum tersebut menghasilkan nilai z/d adalah sebesar 0.5. Artinya pemompaan yang dilakukan secara maksimal akan menyebabkan terjadinya upconing.

Debit maksimum yang diperbolehkan pada sumur kedua adalah sebesar 1475.76 m³/hari. Pemompaan tersebut menyebabkan kenaikan interface sebesar 31.90 meter dari kondisi semula 70 meter sehingga terjadi kenaikan interface menjadi 38.1 meter dari permukaan. Pembuatan sumur sebaiknya memiliki kedalaman kurang dari 38.1 meter dari permukaan tanah. Hal ini agar tidak terjadi masuknya air asin ke sumur ketika dilakukan pemompaan dengan debit maksimum. Pemompaan yang dilakukan dengan debit maksimum akan menyebabkan terjadinya upconing, karena pada saat

dilakukan pemompaan dengan debit maksimum maka nilai z/d berada pada titik kritis kenaikan interface yaitu sebesar 0.5.

KESIMPULAN

1. Kondisi hidrostratigrafi daerah penelitian secara umum disusun oleh material pasir marin yang jenuh airtanah. Pada bentuklahan gisik, swale muda dan benting gisik muda terdapat material lempung marin yang mengandung airtanah payau hingga asin. Pada bentuklahan gisik yang memiliki jarak kurang lebih 100 meter dari garis pantai interface berada pada kedalaman 30 - 60 meter dari permukaan tanah semakin ke utara zona interface menjadi semakin dalam hingga tidak terdeteksi keberadaanya.
2. Debit pemompaan maksimum yang diperbolehkan di titik pertama dengan jarak 500 meter dengan dasar sumur berada pada 4.8 meter dari permukaan tanah dan interface 37 meter dari permukaan tanah batas debit maksimum pemompaan yang boleh dilakukan adalah sebesar 188.82 m³/hari, di titik kedua yang memiliki jaraak dari garis pantai 392 meter, kedalaman sumur 6.21 meter dari permukaan tanah dan interface 70 meter dari permukaan tanah batas

maksimum pemompaan yang diperbolehkan adalah sebesar 1475.76 m³/hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Bower, H. 1978. *Groundwater Hydrology*. New York : McGraw-Hill Book Company.
- Fetter, C. W. 1988. *Applied Hydrogeology*. New York : Macmillan Publishing Company.
- Kodoatie, R. J. 1996. *Pengantar Hidrogeologi*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Purnama, S. 2010. *Hidrologi Airtanah*. Yogyakarta : Kanisius
- Santosa, L. W. 2012. Hidrostatigrafi Akuifer Sebagai Geoindikator Genesis Bentuklahan di Wilayah Kepesisiran Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Forum Geografi*. Vol 26 No. 2 : 160 – 177.
- Tood, D. K. 1980. *Groundwater Hydrology Second Edition*. New York : John Wiley and Sons.
- Zohdy, A. Ar. 1980. *Application of Surface Geophysics to Groundwater Investigation*. Whashington D. C : United State Department of the Interior.