

ESTIMASI PENCEMARAN AIR SUMUR YANG DISEBABKAN OLEH INTRUSI AIR LAUT DI DAERAH PANTAI TIRAM, KECAMATAN ULAKAN TAPAKIS, KABUPATEN PADANG PARIAMAN

Hafizul Amri, Ardian Putra

Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas

Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25163

e-mail: a.hafizul044@yahoo.com, ardhee@fmipa.unand.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pencemaran air laut yang diakibatkan oleh intrusi air laut di Pantai Tiram, Kecamatan Ulakan Tapakis, Kabupaten Padang Pariaman dengan menggunakan konduktivitas dan TDS (total dissolved solid). Nilai konduktivitas yang didapatkan dari 25 sumur berkisar antara 48,46 sampai 181,86 $\mu\text{mhos/cm}$ dan berdasarkan keputusan Panitia Ad Hoc Intrusi Air Asin (PAHIAA) pada tahun 1986, nilai konduktivitas ini termasuk ke dalam kategori air tawar. Daerah penelitian dibagi menjadi 3 wilayah berdasarkan jaraknya dari tepi pantai. Dengan menggunakan surfer 9, dapat dilihat bahwa nilai konduktivitas dari sumur semakin kecil jika jarak dari pantai semakin jauh. Hasil dari pengujian TDS, terdapat 3 nilai yang melebihi standar air tawar menurut PAHIAA, yaitu sample 1 (6766 mg/L), sample 2 (4200 mg/L) dan sample 5 (2500 mg/L). Rata-rata TDS di zona 1 termasuk ke dalam kategori agak payau, sedangkan rata-rata nilai TDS dari zona 2 dan 3 termasuk dalam kategori air tawar. Perbedaan nilai TDS di daerah yang dekat dengan pantai dengan yang jauh dari pantai disebabkan oleh material penyusun tanah di daerah penelitian yang terdiri dari lanau, pasir dan kerikil. Lanau akan mengisi pori-pori pada pasir dan kerikil sehingga nilai permeabilitasnya menjadi kecil, dan mengurangi intrusi air laut pada daerah yang semakin jauh dari pantai.

Kata kunci : pencemaran, salinitas, konduktivitas, TDS (*Total Dissolved Solid*)

ABSTRACT

The level of sea water contamination on groundwater in Tiram Beach has been determined through the conductivity and TDS (Total Dissolved Solid) observation. The conductivity obtained on 25 wells ranges between 48.46 and 181.86 $\mu\text{mhos/cm}$ and according to the decision of the Ad Hoc Committee of the Salt Water Intrusion in 1986, such values are belong to the category of fresh water. The research area is devined into three zones, according to its distance from shore. By applying the surfer 9 software, the distribution of conductivity tends to decrease on sites that is located further to the land. The result of TDS test shows that 3 samples have TDS exceeding quality standar issued by Ad Hoc Committee of the Salt Water Intrusion, that are sample 1 (6766 mg/L), sample 2 (4200 mg/L) and sample 5 (2500 mg/L). Average TDS on zone 1 is classified as slightly saline, while zone 2 and zone 3 are classified as fresh water. This difference is caused by the materials are formed by sand, gravel and silt. Silt will fill out the pore out the pore of gravel and sand, so that it reduced its permeability, and sea intrusion to the wells away from shore will be blocked gradually.

Keywords : contamination, salinity, conductivity, TDS (Total Dissolved Solid)

I. PENDAHULUAN

Air laut memiliki berat jenis yang lebih besar dari pada air tawar, akibatnya air laut akan mudah mendesak air tanah. Secara alamiah air laut tidak dapat masuk jauh ke daratan sebab air tanah memiliki *piezometric* yang menekan lebih kuat dari pada air laut, sehingga terbentuklah *interface* sebagai batas antara air tanah dengan air laut. Keadaan tersebut merupakan keadaan kesetimbangan antara air laut dan air tanah. Meresapnya air laut atau air asin ke dalam air tanah disebut intrusi air laut. Kasus intrusi air laut merupakan masalah yang sering terjadi di daerah pesisir pantai, masalah ini selalu terkait dengan kebutuhan air bersih, dimana air bersih merupakan air yang layak untuk dikonsumsi. Rusaknya air tanah pada daerah pesisir ditandai dengan keadaan air yang tidak bersih dan rasanya asin (Sangkoro, 1979).

Selama ini intrusi air laut belum terlalu diperhatikan oleh masyarakat maupun pemerintah. Padahal, walaupun dampaknya tidak dirasakan secara langsung seperti halnya pencemaran udara dan suara, untuk jangka panjang, rembesan air laut ke daratan akan

menimbulkan kerugian yang sangat besar, baik dari segi lingkungan, kesehatan, bahkan ekonomi. Intrusi air laut dapat menyebabkan dampak yang sangat luas dalam berbagai aspek kehidupan, seperti gangguan kesehatan, penurunan kesuburan tanah, kerusakan bangunan dan lain sebagainya (Widada, 2007).

Pantai Tiram merupakan salah satu pantai di Kabupaten Padang Pariaman yang terletak di Kecamatan Ulakan Tapakis dimana penduduk yang tinggal di sekitar pantainya memanfaatkan air sumur untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari mulai dari memasak, mencuci, mandi dan kebutuhan lainnya. Karena letak pemukiman yang dekat dengan pantai dan air yang keluar pada mata air di sumur-sumur penduduk berwarna keruh atau kuning dan rasanya agak asin, maka diduga telah terjadi pencemaran air laut pada air tanah di daerah pesisir pantai tersebut. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui tingkat salinitas air tanah pada daerah di sekitar pantai, diantaranya adalah dengan menggunakan TDS (*Total Dissolved Solids*) dan konduktivitas dari beberapa sampel air yang diambil dari sumur-sumur penduduk. Data TDS, konduktivitas dan koordinat pengambilan sampel tersebut kemudian diplot dengan menggunakan *software surfer 9* untuk melihat tinggi rendahnya TDS dan konduktivitas dalam bentuk gambar.

II. METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air yang berasal dari 25 sumur di rumah penduduk yang berada di sekitar Pantai Tiram, Kecamatan Ulakan Tapakis, Kabupaten Padang Pariaman dan aquades yang digunakan untuk membersihkan alat. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Konduktivimeter, kertas saring, oven, cawan penguapan, gelas ukur, timbangan analitik dengan sensitivitas 0,001 g, GPS, dan seperangkat komputer.

2.1 Pengambilan Sampel

Sampel diambil pada 25 sumur di rumah penduduk di sekitar Pantai Tiram, Kecamatan Ulakan Tapakis, Kabupaten Padang Pariaman dengan jarak $\pm 200-500$ m antara satu sumur dengan sumur lainnya, jarak dari sampel ke tepi pantai berkisar antara 282-1300 m. Pada setiap sumur diambil sampel air sebanyak 1 L, lalu air yang diambil dimasukkan ke dalam botol dan dibawa ke laboratorium untuk diuji.

2.2 Uji *Total Dissolved Solid* (TDS)

Cawan penguapan dibersihkan kemudian dipanaskan ke dalam oven dengan suhu 105°C selama 1 jam. Selanjutnya cawan didinginkan sampai suhu kamar dan ditimbang segera sehingga didapatkan massa konstan (A). Sampel dimasukkan ke dalam gelas ukur, lalu diaduk hingga homogen menggunakan batang pengaduk dan dilakukan penyaringan sebanyak 100 mL (V_s) dengan menggunakan kertas saring. Hasil filtrat dalam cawan penguapan dipanaskan dengan oven pada suhu 180°C selama 8 jam. Cawan penguapan kemudian didinginkan sampai suhu kamar dan ditimbang segera dengan timbangan analitik hingga diperoleh massa konstan (B). Selanjutnya TDS dihitung dengan menggunakan Persamaan (1).

$$TDS = \frac{(B - A)}{V_s} 1000 \quad (1)$$

2.3 Uji Konduktivitas Listrik

Konduktivitas listrik diuji dengan konduktivimeter yang sebelumnya sudah dikalibrasi dengan menggunakan aquades. Elektroda dicuci dengan menggunakan aquades dan kemudian dicelupkan ke sampel yang akan diukur, setelah tombol on pada konduktivimeter ditekan, nilai konduktivitas akan terbaca pada konduktivimeter.

2.4 Pembuatan Peta Kontur Berdasarkan TDS dan Konduktivitas

Setelah didapat hasil TDS dan konduktivitas dari masing-masing sampel, lalu hasil TDS, konduktivitas dan koordinat dari titik pengambilan sampel diolah dengan menggunakan *software surfer 9*. Hal ini dalam rangka melihat distribusi nilai TDS dan konduktivitas pada daerah penelitian.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Pengukuran Nilai Konduktivitas

Data koordinat pengambilan sampel dan nilai konduktivitas listrik 25 sampel di Pantai Tiram, Kecamatan Ulakan Tapakis, Kabupaten Padang Pariaman yang diukur pada suhu kamar (26 °C) dapat dilihat pada Tabel 1. Secara geografis, titik-titik penelitian dibagi menjadi tiga wilayah, yaitu wilayah pertama pada titik 1-11 yang berada pada posisi dekat pantai dengan rata-rata nilai konduktivitas sebesar 149,65 $\mu\text{mhos/cm}$, wilayah kedua pada titik 12-19 yang berada agak jauh dari pantai dengan nilai konduktivitas rata-rata sebesar 117,74 $\mu\text{mhos/cm}$ dan wilayah ketiga pada titik 20-25 yang merupakan titik yang jauh dari pantai dengan nilai konduktivitas rata-rata sebesar 125,35 $\mu\text{mhos/cm}$.

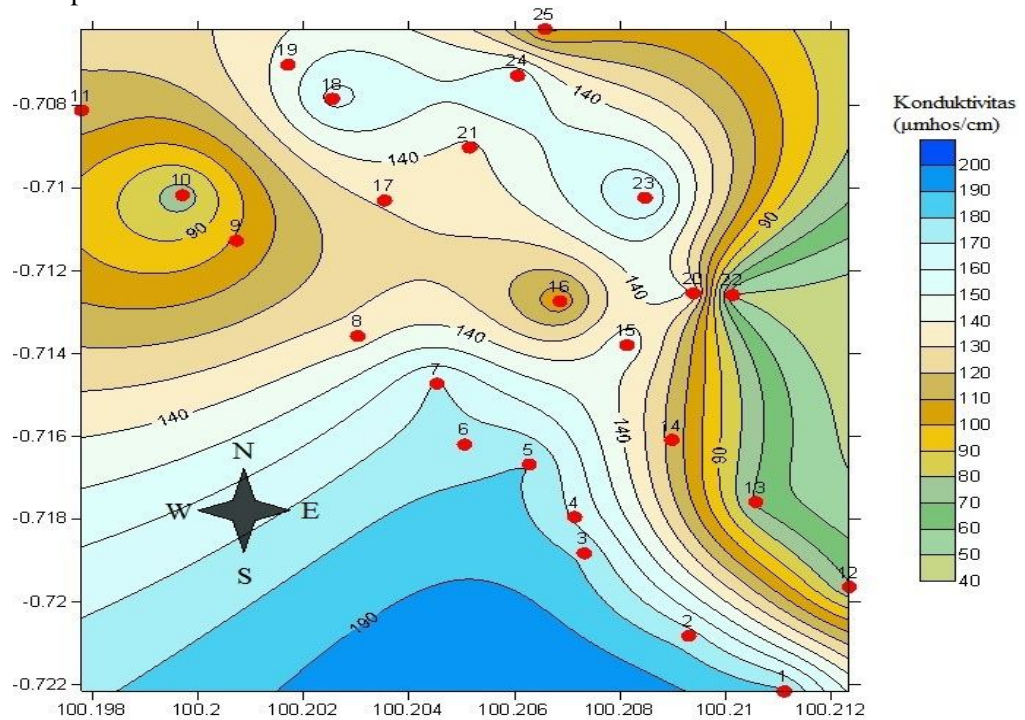
Tabel 1 Data koordinat dan nilai konduktivitas

No	Bujur Timur (°)	Lintang Selatan (°)	Konduktivitas ($\mu\text{mhos/cm}$)
1	100,21111	-0,72216	181,86
2	100,20930	-0,72082	174,40
3	100,20732	-0,71883	177,66
4	100,20714	-0,71795	168,26
5	100,20628	-0,71668	180,06
6	100,20505	-0,71620	172,13
7	100,20453	-0,71473	171,00
8	100,20303	-0,71358	135,00
9	100,20073	-0,71128	101,63
10	100,19971	-0,71018	73,60
11	100,19780	-0,70813	117,23
Rata-rata Wilayah 1			149,65
12	100,21234	-0,71964	70,96
13	100,21057	-0,71759	67,90
14	100,20898	-0,71609	116,50
15	100,20813	-0,71380	145,80
16	100,20686	-0,71274	101,33
17	100,20354	-0,71031	131,23
18	100,20255	-0,70785	164,13
19	100,20171	-0,70703	144,10
Rata-rata Wilayah 2			117,74
20	100,20939	-0,71255	139,53
21	100,20515	-0,70903	137,43
22	100,21013	-0,71259	48,46
23	100,20847	-0,71024	171,70
24	100,20606	-0,70729	158,50
25	100,20658	-0,70617	96,50
Rata-rata Wilayah 3			125,35

Dari nilai konduktivitas yang telah didapatkan, dapat dilihat bahwa nilai rata-rata konduktivitas paling tinggi adalah pada wilayah 1 yang berada paling dekat dengan pantai, lalu pada wilayah 3 yang berada paling jauh dari pantai dan nilai konduktivitas paling rendah adalah pada daerah 2 yang berada agak jauh dari pantai. Tinggi rendahnya nilai konduktivitas pada sumur-sumur di tepi pantai ini dipengaruhi oleh seberapa banyak massa air laut yang mencemari air tanah di sekitar pantai. Kandungan elektrolit yang pada prinsipnya merupakan garam-garam yang terlarut dalam air, berkaitan dengan kemampuan air dalam menghantarkan arus listrik. Semakin banyak garam-garam yang terlarut semakin baik daya hantar listrik air tersebut (Zemansky, 1962).

Tingginya nilai konduktivitas pada wilayah 1 diakibatkan lokasi wilayah yang dekat dengan tepi pantai, sehingga air laut lebih mudah masuk ke daerah air tanah, sedangkan pada wilayah 2 yang terletak agak jauh dari tepi pantai, menyebabkan air laut lebih sulit untuk masuk daerah air tanah pada wilayah tersebut. Pada wilayah 3 yang jaraknya lebih jauh dari pantai memiliki nilai konduktivitas yang lebih tinggi dari wilayah dua yang lebih dekat ke pantai.

Berdasarkan tabel kriteria penilaian konduktivitas, air tawar adalah air dengan nilai konduktivitas di bawah 1500 $\mu\text{mhos/cm}$. Secara umum, berdasarkan nilai konduktivitasnya semua sumur-sumur yang dijadikan sampel penelitian masih berada di kategori air tawar, yaitu berkisar 48,46 – 181,86 $\mu\text{mhos/cm}$. Peta kontur sebaran konduktivitas pada wilayah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Peta kontur sebaran konduktivitas

Pada daerah selatan peta kontur dapat dilihat bahwa nilai konduktivitas terbesar adalah pada daerah yang dekat dengan tepi pantai, dan semakin jauh ke daratan nilai konduktivitas semakin kecil karena pengaruh dari pencemaran air laut menjadi semakin kecil. Akan tetapi pada daerah utara penelitian, semakin ke daratan nilai konduktivitasnya semakin besar, hal ini berbeda dengan wilayah selatan penelitian walaupun jarak sumurnya ke tepi pantai hampir sama. Pada daerah utara penelitian (titik 18, 19, 21, 23 dan 24) terdapat daerah bekas rawa sehingga menyebabkan nilai konduktivitasnya lebih tinggi dari pada daratan di wilayah selatan penelitian (titik 12, 13, 14 dan 22).

3.2 Pengukuran Nilai *Total Dissolved Solid* (TDS)

Selain melalui nilai konduktivitas, pencemaran pada air sumur di daerah pantai juga dapat diketahui melalui nilai TDSnya. Air yang asin memiliki nilai TDS yang tinggi, hal ini terjadi karena banyak mengandung senyawa kimia, yang juga mengakibatkan tingginya nilai salinitas. Maka tingkat salinitas bisa ditunjukkan melalui nilai TDS (Nurrohimi, 2012).

Tinggi atau rendahnya nilai TDS pada air sumur di sekitar pesisir pantai bergantung pada banyaknya air laut yang mencemari air tawar di daerah pesisir tersebut. Semakin banyak air laut yang mencemari air tawar akan menyebabkan garam-garam terlarut pada air tawar akan semakin banyak sehingga nilai TDSnya akan semakin besar.

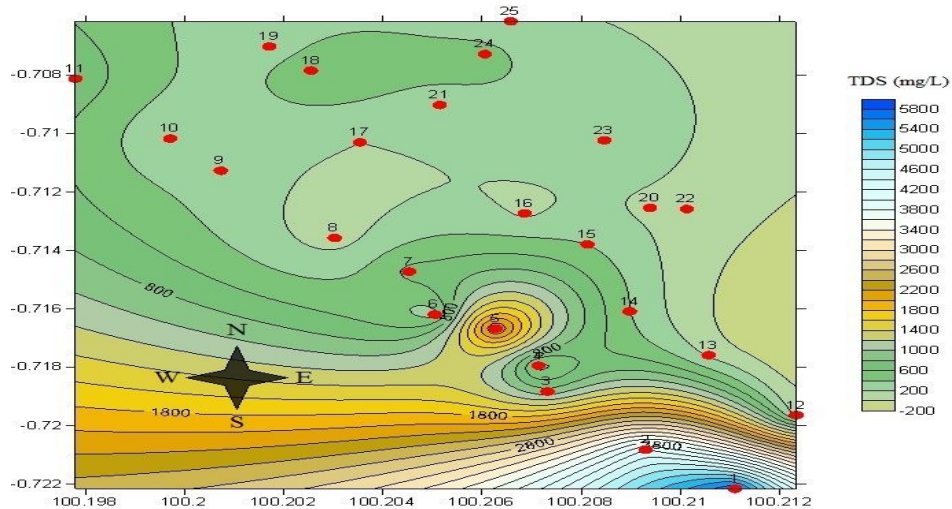
Data koordinat pengambilan sampel dan hasil perhitungan sebaran TDS dapat dilihat pada Tabel 2. Dari hasil pengukuran TDS, dapat terlihat bahwa rata-rata nilai TDS paling tinggi adalah pada wilayah 1 yang terletak paling dekat dengan pantai dengan nilai rata-rata 1542,18

mg/L. Wilayah 2 yang agak jauh dari pantai nilai TDS rata-ratanya sebesar 345,50 mg/L. Nilai TDS terkecil teramati pada wilayah 3 yang berada jauh dari pantai dengan nilai TDS rata-rata sebesar 288,33 mg/L.

Tabel 2 Data koordinat dan nilai TDS

No	Bujur Timur (°)	Lintang Selatan (°)	TDS(mg/L)
1	100,21111	-0,72216	5800
2	100,20930	-0,72082	4200
3	100,20732	-0,71883	866
4	100,20714	-0,71795	300
5	100,20628	-0,71668	2500
6	100,20505	-0,71620	300
7	100,20453	-0,71473	666
8	100,20303	-0,71358	100
9	100,20073	-0,71128	333
10	100,19971	-0,71018	200
11	100,19780	-0,70813	733
Rata-rata Wilayah 1			1454,36
12	100,21234	-0,71964	133
13	100,21057	-0,71759	166
14	100,20898	-0,71609	400
15	100,20813	-0,71380	400
16	100,20686	-0,71274	166
17	100,20354	-0,71031	200
18	100,20255	-0,70785	600
19	100,20171	-0,70703	233
Rata-rata Wilayah 2			287,25
20	100,20939	-0,71255	166
21	100,20515	-0,70903	333
22	100,21013	-0,71259	166
23	100,20847	-0,71024	366
24	100,20606	-0,70729	466
25	100,20658	-0,70617	233
Rata-rata Wilayah 3			288,33

Nilai rata-rata TDS wilayah 1 melebihi standar TDS air tawar, hal ini disebabkan oleh beberapa sumur yang memiliki nilai TDS yang sangat besar sehingga mempengaruhi nilai rata-rata TDS pada wilayah pertama, yaitu sumur 1 dengan nilai TDS 6766 mg/L, sumur 2 dengan nilai TDS 4200 mg/L dan sumur 5 dengan nilai TDS 2500 mg/L. Berdasarkan kriteria penilaian TDS, air sumur pada wilayah pertama termasuk dalam kategori agak payau dengan rata-rata nilai TDS berada diantara 1000-3000, sehingga air pada sumur-sumur yang berada pada wilayah 1 sebaiknya tidak dipergunakan untuk kebutuhan sehari-hari seperti memasak mandi dan minum. Nilai rata-rata TDS pada wilayah 2 adalah sebesar 345.50 mg/L, dan nilai rata-rata TDS pada wilayah 3 adalah 288,33 mg/L. Berdasarkan kriteria penilaian TDS, air pada kedua wilayah ini dikategorikan sebagai air tawar yang nilai TDSnya berada dalam kisaran 0-1000 mg/L. Peta kontur sebaran TDS pada wilayah penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

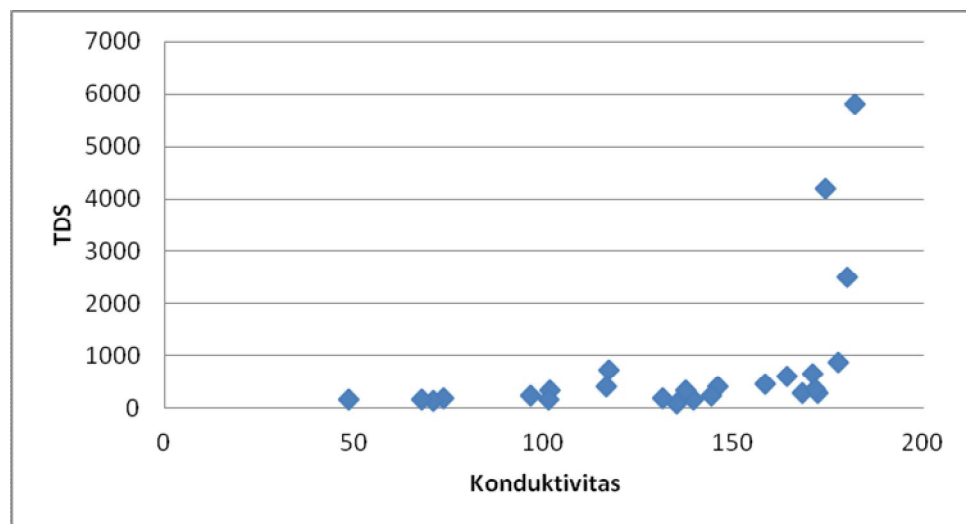


Gambar 2 Peta kontur sebaran TDS

Dari peta kontur kita dapat melihat bahwa nilai TDS paling tinggi berada pada tepi pantai yang berada pada daerah selatan penelitian. Semakin ke utara nilai TDS akan semakin kecil, dan semakin jauh ke daratan maka nilai TDSnya akan semakin kecil pula.

3.3 Hubungan TDS dan Konduktivitas

Grafik hubungan nilai TDS dan konduktivitas air sumur dapat dilihat pada Gambar 3. Nilai TDS naik secara bertahap sampai nilai konduktivitas 170 $\mu\text{mhos/cm}$. Setelah melewati nilai 170 $\mu\text{mhos/cm}$ nilai TDS naik secara signifikan. Dari titik-titik data yang didapatkan, tingginya nilai konduktivitas yang dihasilkan akan meningkatkan nilai TDS. Nilai TDS dan konduktivitas akan naik sampai nilai TDS mencapai 1000 mg/L. Setelah itu nilai konduktivitas akan mencapai saturasi dan tidak mengalami perubahan signifikan walaupun nilai TDSnya tetap naik. Semakin tingginya nilai TDS yang diukur dengan menggunakan metode gravimetri bisa disebabkan karena padatan terlarut tak bermuatan di dalam air tanah yang tidak terbaca ketika melakukan pengukuran dengan menggunakan konduktivimeter/TDSmeter (Eliot,dkk, 2004).



Gambar 3 Grafik hubungan TDS dan konduktivitas

Rendahnya nilai konduktivitas bisa disebabkan karena terdapatnya hidrokarbon di daerah penelitian seperti metana yang banyak terdapat di daerah rawa. Senyawa hidrokarbon memiliki nilai resistivitas yang tinggi sehingga nilai pengukuran konduktivitas menjadi kecil.

3.4 Hubungan Stratigrafi Terhadap Nilai TDS dan Konduktivitas

Berdasarkan peta geologi Sumatera Barat, daerah Pantai Tiram tersusun atas lanau, pasir dan kerikil yang umumnya terdapat di daerah pantai dan ada beberapa sisa batu apung tuf. Diantara material-material penyusun tanah pada daerah penelitian, kerikil merupakan material yang mempunyai nilai permeabilitas besar yaitu sebesar $> 1 \times 10^{-3}$ m/s, pasir memiliki nilai permeabilitas dengan tingkat sedang yaitu sebesar $5 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-4}$ m/s, dan lanau yang memiliki ukuran partikel paling kecil memiliki nilai permeabilitas yang sangat kecil yaitu $1 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-8}$ m/s (Cashman dan Preene, 2001). Selain ketiga material tersebut, di daerah penelitian juga terdapat beberapa sisa batu apung yang memiliki nilai permeabilitas yang paling tinggi daripada bahan lainnya. Karena jumlahnya yang sangat sedikit, maka batu apung tuf tidak terlalu mempengaruhi tingkat penyusupan air laut pada daerah penelitian.

Lanau yang memiliki ukuran partikel yang sangat kecil dan juga jumlah yang sangat banyak di sekitar daerah penelitian sehingga dapat mengikat material-material lainnya. Hal ini menyebabkan pori-pori pada pasir dan kerikil sebagian besar tertutup oleh lanau sehingga menyebabkan permeabilitas tanah secara keseluruhan menjadi kecil. Kecilnya permeabilitas tanah ini menyebabkan air laut susah untuk merembes ke daerah air tawar pada daerah pantai, sehingga mulai dari wilayah 2 penelitian belum terdapat pencemaran air tawar yang diakibatkan oleh air laut.

Lapisan tanah pada daerah penelitian sama, tetapi dari penglihatan visual terdapat rawa yang mempengaruhi tinggi rendahnya nilai konduktivitas dan nilai TDS-nya. Contohnya pada daerah selatan penelitian yang berada di dekat laut (sampel 1 dan 2) yang merupakan endapan rawa. Daerah ini memiliki nilai TDS dan konduktivitas yang jauh lebih tinggi daripada daerah penelitian lainnya.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap 25 sampel yang diambil dari sumur-sumur penduduk di Pantai Tiram, Kecamatan Ulakan Tapakis, Kabupaten Padang Pariaman dapat diambil kesimpulan bahwa dari pengujian TDS, diketahui bahwa intrusi air laut sudah mencapai wilayah 1 penelitian. Rata-rata nilai TDS pada wilayah 1 penelitian adalah sebesar 1454,36 mg/L dan masuk ke dalam kategori agak payau. Berdasarkan pengujian konduktivitas, semua sampel memiliki nilai konduktivitas yang berkisar antara 48,46 – 181,86 $\mu\text{mhos/cm}$ dan menurut keputusan Panitia *Ad Hoc* Intrusi Air Asin (PAHIAA) pada tahun 1986 nilai konduktivitas dari sampel termasuk ke dalam kategori air tawar. Kecilnya intrusi air laut disebabkan oleh material penyusun tanah di daerah penelitian yang mempunyai nilai permeabilitas yang kecil sehingga air laut susah meresap ke daerah air tawar. Dengan dilakukannya penelitian ini dapat diketahui bahwa daerah 1 penelitian sudah tercemar oleh intrusi air laut, sehingga mengakibatkan air sumur menjadi agak payau. Oleh karena itu disarankan kepada penduduk yang tinggal di daerah 1 penelitian untuk tidak menggunakan air sumur untuk air minum dan memasak.

DAFTAR PUSTAKA

- Cashman, P.M. dan Preene, M., 2001, *Groundwater Lowering in Construction : A particular guide*, Spoon Press, London.
- Eliot, A, A., Estella, A, A., Rebeca, S, R., Wakema, D, D, jr., Franklyn, D, L., 2004, The relationship of total dissolved solids measurements to bulk electrical conductivity in an aquifer contaminated with hydrocarbon, *Journal of applied geophysics*, United States.
- Sanggoro, Djoko., 1979. *Teknik Sumber Daya Air*. Jakarta. Erlangga.
- Widada, S., 2007, *Gejala Intrusi Air Laut di Daerah Pantai Kota Pekalongan*, *Jurnal Ilmu Kelautan*, Vol 12, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNDIP.
- Zemansky. S., 1962. *Fisika untuk Universitas I Mekanika*, Jakarta: Binacipta.
- Nurrohim, A., 2012, *Kajian Intrusi Air Laut di Kawasan Pesisir Kecamatan Rembangan Kabupaten Rembang*, *Jurnal Unnes*, Vol.1, No.1, Unnes.