

Penurunan Muka Air Tanah Pada Wilayah Pesisir Pantai “Interface”

Arrina Khanifa¹, Waterman S.B¹, Tedy Agung C.¹, Rika Ernawati¹, Nur Khamim¹

¹ Jurusan Teknik Pertambangan, UPN “Veteran” Yogyakarta

Korespondensi: Arrinakhanifa22@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian mengenai *interface* atau intrusi air laut sudah banyak dilakukan diberbagai bidang, sehingga dalam tulisan ini dilakukannya *literatur riview* untuk mengumpulkan informasi mengenai hal tersebut guna mengetahui penurunan muka air tanah serta analisis kimia air tanah, dan *Modflow*. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Masalah hidrogeologi diwilayah pesisir pantai merupakan hal yang penting untuk dibahas dikarenakan dipesisir umumnya mempunyai karakteristik serta ketersediaan air tawar yang berlimpah tetapi sulit untuk mendapatkan air hal tersebut disebabkan oleh kualitas yang kurang memadai, pada wilayah lain juga sumber air tawar sulit untuk didapatkan. Intrusi air laut merupakan beda ketinggian antara air laut dan air tawar jika muka air tanah lebih rendah dari muka air laut maka bisa terjadi intrusi air laut. Untuk mengetahui bahwasannya pada suatu wilayah terdampak oleh intrusi air laut maka dilakukannya analisis kimia air tanah atau analisis *ion khlorida* yang mana perlu dilakukannya pengambilan contoh air setelah itu dilakukan uji laboratorium. Sedangkan untuk *MODFLOW* guna sebagai pola penyebaran air tanah serta potensi air tanah, kecepatan air tanah.

Kata kunci: Hidrogeologi, intrusi air laut, *MODFLOW*

ABSTRACT

Research on seawater interfaces or intrusion has been carried out in various fields, so in this paper, review literature is carried out to gather information about this to determine the subsidence of groundwater levels and chemical analysis of groundwater, and the Modflow. This research uses quantitative methods. The hydrogeological problem in the coastal area is an important thing to discuss because the coast generally has the characteristics and availability of abundant freshwater but it is difficult to get water, this is due to inadequate quality, in other areas freshwater sources are also difficult to find. Seawater intrusion is the difference in height between seawater and freshwater. If the groundwater level is lower than the sea level, seawater intrusion can occur. To find out that in an area affected by seawater intrusion, a chemical analysis of groundwater or chloride ion analysis is necessary, which requires water sampling after which laboratory tests are carried out. Meanwhile, MODFLOW is used as a pattern of groundwater distribution and groundwater potential, groundwater velocity.

Keyword: Hydrogeology, Interface, MODFLOW

1. PENDAHULUAN

Karakteristik ketersediaan air tawar pada daerah tepi laut mempunyai kuantitas air yang bagus dan sangat banyak tetapi pada daerah tersebut kesulitan untuk mendapatkan air yang berkualitas terutama untuk mendapatkan sumber air tanah. Yang menyebabkan hal tersebut terjadi pada daerah tepi laut yaitu karena adanya faktor dari manusia maupun faktor alami seperti faktor iklim. Ketika air lautan terjadi kontak dengan air tanah maka yang akan terjadi air tersebut menjadi asin dan payau [1].

Pada daerah tepi laut atau pantai terjadi kemajuan yang besar pada bidang pertambangan pasir yang diambil dengan cara penggalian dan karena adanya pemukiman penduduk yang padat. Oleh sebab itu air bersih yang diperlukan masyarakat sebagai kebutuhan sehari-hari semakin bertambah sehingga untuk terjadi intrusi air laut sangat cepat karena akibat penambangan pasir di pesisir. Masyarakat setempat menggunakan air bersih sebagai keberlangsungan hidup sehari-harinya maka lebih sering menggunakan air tanah, air tersebut biasanya didapatkan dari akuifer dalam atau bisa jadi dari akuifer dangkal. Air tanah yang terus-terusan diambil atau digunakan secara terus menerus akan meningkat dari waktu ke waktu serta aktivitas penambangan pasir yang semakin mendekati pantai bisa mengakibatkan intrusi air laut pada akuifer yang berada di daerah pantai. Ciri-ciri jika terjadi intrusi air laut diantaranya sumur penduduk yang begitu padat akan berubah menjadi asin, intrusi air laut bisa menjadikan terganggunya kesuburan tanah serta penurunan kesehatan pada manusia serta dan lain-lain[2].

Untuk menjaga agar kegiatan pertambangan tidak menimbulkan intrusi air laut kedalam akuifer disekitar pantai maka jarak bukaan tambang dengan garis pantai sesuai ketentuan peraturan keputusan Menteri Pertambangan dan energi Nomor: 523K/201/MPE/1992 yakni 200 meter dari garis pantai [7].

Tujuan dari *literatur riview* mengenai intrusi air laut yang dilihat dari peta zonasi yang sudah diambil data dari lapangan nantinya mengetahui sebaran air tanah dan air asin. mengetahui sebaran air tanah asin melalui peta zonasi air asin berdasarkan hasil pengukuran di lapangan. Sedangkan perlu juga untuk mengetahui bahwasannya daerah tersebut terintrusi air laut maka dilakukan analisis kimia air tanah di beberapa sumur milik warga dan *MODFLOW* untuk memvisualisasikan aliran air tanah, penyebaran serta penurunan air tanah, dan nantinya didapatkan hasil bahwasannya gejala yang menyebabkan adanya intrusi air laut pada pesisir pantai.

2. METODE PENELITIAN

Bahwasannya pada penelitian ini menggunakan metode yaitu *literatur riview*, yang mana kegiatan tersebut mengumpulkan informasi dari beberapa jurnal, buku, maupun tulisan lainnya yang berkaitan dengan *interface*. Paper yang akan di *review* yaitu Intrusi air laut pada sistem akuifer tertekan cekungan air tanah jakarta berdasarkan analisis hidrokimia dan hidroisotop, Pemodelan air tanah di cekungan air tanah umbulan dengan visual *modflow* premium 4.3, *Seawater intrusion and groundwater resources management in coastal aquifers*, Simulasi potensi air tanah pulau padang riau dengan visual *mudflow*, *A method for estimating the fresh wateresalt water interface with hydraulic heads in a coastal aquifer and its application*.

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1 Intrusi air laut

Proses penyusupan air asin yang berasal dari laut yang masuk kedalam air tanah merupakan pengertian dari intrusi air laut sedangkan zona bertemunya antara air asin / air laut dan air tawar/ air tanah dinamakan *interface*. Secara alami airtanah akan terus mengalir ke laut, air asin memiliki berat jenis lebih besar dibandingkan dengan berat jenis air tawar oleh sebab itu air laut akan mendesak air tawar lebih ke dalam tanah. Sedangkan air tanah memiliki tekanan *piezometric* yang tinggi dibandingkan muka air laut sehingga desakan tersebut bisa dinetralisirkan maka yang terjadi air dari daratan akan mengalir kelautan maka akan terjadinya keseimbangan antara air laut dengan air tanah [3].

Penelitian yang di lakukan Ahmad Nurrohim, dkk pada tahun 2012 menjelaskan bahwasannya intrusi air laut terjadi karena sebagai berikut:

- Adanya kondisi geologi dengan material alluvium dikarenakan dataran alluvial mempunyai karakteristik pantai yang berlumpur dan juga berpasir dengan relief rendah sehingga air laut mudah untuk masuk kedalam sistem air tanah yang mana kerikil dan pasir merupakan tanah dan batuan yang mempunyai sifat bisa meloloskan air dan luas daerah / wilayah yang terdampak intrusi air laut akibat kondisi geologi seluas 2.369,96 ha, atau sekitar 87,36%.
- Selanjutnya dikarenakan produktivitas akuifer sedang / kondisi geohidrologi, daerah atau wilayah pesisir laut yang mempunyai akuifer sedang bisa mempengaruhi terjadinya intrusi air laut karena terdapatnya batuan kerikil dan lempung yang mempunyai permeabilitas sedang [4].

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Edy Suhartono, dkk pada tahun 2013 terjadinya intrusi air laut di wilayah pantai yang terletak di Semarang bisa diidentifikasi dengan nilai khlorida yang besar pada air darat atau airtanah , untuk mengetahui hal tersebut maka dilakukannya pengujian dilaboratorium air Tanah di Dinas ESDM yang berada di Provinsi Jawa Tengah [5].

Namun penelitian lain yang d teliti Sari A.S pada tahun 2016 menjelaskan bahwasannya intrusi air laut bisa dipengaruhi akibat perbedaan ketinggian antara muka air laut dengan muka air tanah apabila muka air tanah lebih tinggi dari muka air laut maka intrusi air laut tidak akan terjadi. Persamaan Ghzben-Hezberg digunakan sebagai perhitungan kedalaman *interface* (z), yaitu:

Menurut persamaan (1)

$$Z = 40 \cdot hf \quad (1)$$

Keterangan :

Hf = Beda tinggi muka air laut dengan air tanah (m)

Z = Interface atau kedalaman bidang kontak

Sedangkan persamaan Luschnski, dkk tahun 1961 untuk menghitung perubahan posisi *interface* setelah adanya perubahan muka air tanah bebas yang disebabkan penambangan, yaitu [6]:

Menurut persamaan (2)

$$Z = \frac{\rho_f}{\rho_s - \rho_f} hf - \frac{\rho_f}{\rho_s - \rho_f} hs \quad (2)$$

keterangan:

hf = elevasi/ketinggian muka airtanah di atas muka air laut (m)

z = kedalaman *interface* di bawah muka air laut (m)

ps = berat jenis air laut (g/cm^3)

pf = berat jenis air tawar (g/cm^3)

Tabel 1 Perubahan kedalaman *interface* sebelum dan sesudah akibat kegiatan penambangan [7]

No	Sumur Gali	Hf	Hs (m)	Sebelum penambangan (Ghzbzen-Hezberg) (m)	Sesudah penambangan (Luszcznski) (m)
1	DWB23-1	6,42	-5,10	256,80	52,80
2	DW 24-1	1,49	-5,30	59,60	-152,40
3	DW 21-2	2,40	-5,50	96,00	-124,00

Disimpulkan penelitian yang dilakukan Sari A.S tahun 2016 dari Tabel 1 dapat dilihat bahwasannya sesudah adanya penambangan kedalaman *interface* dari 52,80 hingga -152,40 yang diartikan jika adanya nilai yang negatif maka antara air laut dengan air tanah sudah tidak ada pembatas sehingga pada wilayah tersebut adanya intrusi air laut ke dalam air tanah di daratan [7].

3.2 Analisis Kimia Air Tanah (Analisis Ion Khlorida)

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Taat Setiawan, dkk (2017) metode yang digunakan untuk menganalisis ion khlorida yaitu dengan mengambil sample contoh air 42 contoh sebagai analisis hidrokimia, serta pengambilan pada sumur bor dengan kedalaman 50-250 m sebanyak 15 contoh untuk analisis isotop 18O dan 2H. Pada bulan November – awal Desember tahun 2013 pengambilan contoh sebagai analisis hidrokimia, sedangkan pada bulan juli 2015 dilakukannya pengambilan untuk isotop 18O dan 2H. [8]

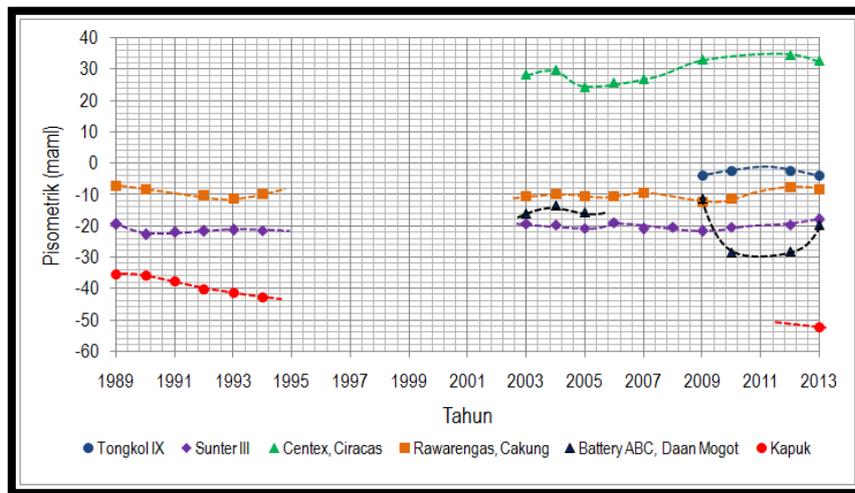
Tabel 2. Parameter Hidrokimia Untuk Mengetahui Fasies Salinitas Air Tanah

Parameter	Analisis
Ca-HCO ₃	Air tanah yang bersifat tawar
Na-HCO ₃	Air tanah yang bersifat sedikit asin
Na-Cl	Air tanah yang bersifat sangat asin

Tabel 3. Data Hidrokimia Intrusi Air Laut [8]

No	Lokasi	Y	X	Jarak dari pantai	Saringan (mbmt)	Fasies Hidrokimia	Na-Cl	Ca-HCO ₃	Isotop 18O & 2H	TDS (mg/L)
1	Nagamas, Kapuk	9323838	691128	1,67	< 140	Na-HCO ₃	+	+	X	1908 (sedikit asin)
2	Tongkol IX	9322149	700503	1,27	96-125	Na-Cl	+	+	+	5384 (asin)
3	Sunter III	9319400	706488	4,43	115-132	Na-Cl	+	+	+	2348 (sedikit asin)
4	Kel. Kapuk	9321935	693202	2,93	96-100	Na-Cl	+	+	+	2724 (sangat asin)
5	Centex, Ciracas	9300312	707698	23,17	58-122	Ca-HCO ₃	-	-	+	108 (tawar)
6	Pasar Minggu II	9304920	703037	17,99	92-96	Ca-HCO ₃	-	-	+	200 (tawar)
7	ABC Battery, Daan Mogot	9319045	693698	5,16	149-162	Na-Cl	+	+	x	2504 (sedikit asin)
8	Tambun Rengas, Cakung	717243	9318096	7,94	187-190	Na-Cl	+	+	-	2256 (sedikit asin)

9	Tongkol X, Jakut	700503	9322149	1,27	210-245	Na-Cl	+	+	+	2256 (sedikit asin)
---	------------------	--------	---------	------	---------	-------	---	---	---	---------------------



Gambar 1. Hidrograf *pisometrik* beberapa sumur bor [8]

Disimpulkan bahwasannya dilihat dari Tabel 2 parameter Na-Cl, Ca-HCO₃, Isotop 18O & 2H, TDS (mg/L) daerah Kapuk adanya pengaruh terintrusi air laut yang mengakibatkan air tanah sangat asin sedangkan untuk daerah Centex, Ciracas, Pasar Minggu II tidak terkedampak intrusi air laut yang mana airnya tawar. Sedangkan untuk *psimetrik* hanya daerah kapuk yang mengalami penurunan *psimetrik*.

Sedangkan menurut penelitian Djijono pada tahun 2002 kandungan klorida dengan nilai 150 -300 maka daerah tersebut air tanahnya akan terjadi transisi antara air payau dan tawar. Diketahui pada penelitian Djijono bahwasannya daerah transisi yaitu Kalideres, Cempaka Putih, Pulo mas, daerah tersebut merupakan tersusun batas garis pantai dengan adanya endapan laut. Tingkat keasinan payau sampai payau asin pada air tanah dangkal dengan nilai klorida melebihi 300 mg/l ditemui didaerah sepanjang pulau jawa [9].

3.3. Pemodelan Air Tanah

Penelitian yang dilakukan Waspodo R.H.S 2002 menjelaskan pemodelan air tanah yang dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode beda hingga atau *Finite Difference Method* . Pada penelitian Waspodo R.H.S 2002 dapat disimpulkan dari data lapisan batuan maupun data pemboran bahwasannya diwilayah tersebut terdapat dua akuifer yaitu: [10]

Tabel 4 Akuifer dan litologi daerah penelitian

No	Jenis	Lapisan batuan/litologi	Pemanfaatan	Kedalaman
1	Akuifer bebas	Lempung pasir, tufan, pasir	Sumur gali (keperluan sehari-hari) Sumur bor (keperluan irigasi)	8- 16 meter dari permukaan wilayah tanah setempat
2	Akuifer Tertekan	Lempung Cokelat (pasir dan lempung pasir)	Sumur bor (keperluan irigasi)	20 – 38 meter mdpl

Pada tahun 2019, Sudinda T.W telah melakukan penelitian terkait pemodelan air tanah dengan menggunakan bantuan software *MODFLOW*, adapun beberapa parameter penting untuk melihat keakurasian pada pemodelan air tanah yaitu:

Tabel 4. Hal Yang Mempengaruhi Keakurasian Pada Pemodelan Air Tanah

No	Aspek	Keakurasian
1	<i>Water Balance</i>	Curah Hujan
2	<i>Boundary Conditions</i>	Batas basin akuifer
3	<i>Sinks dan Source</i>	Persebaran Ekstraksi serta besarannya dan jumlah titik
4	Properti Akuifer	Karakteristik Akuifer berupa parameter tanah (porositas, konduktifitas hidrolis, dan kondisi geologis struktur tanahnya)
5	Ukuran Grid Block	Hasil simulasi yang akurat ditunjukkan ketika ukuran grid block semakin kecil
6	Parameter Model	Interpolasi, koefisien numerik maupun parameter yang lainnya hal ini dilihat dari metode pemrograman yang dipakai.
7	Validasi Model dan Kalibrasi	Hasil simulasi valid

Penelitian yang dilakukan Sudinda T.W, 2019 menjelaskan bahwasannya dari hasil pengamatan peta hidrogeologi serta geolistrik yang dilakukan di area simulasi dengan numerik *modflow* (Pulau. Padang, Pulau. Merbau, Pulau.Tebing Tinggi, dan Pulau. Sumatera) didapatkan hasil 9,7 liter/detik/hari atau sekitar 831 m³/hari/km², asumsi yang diperoleh akuifer didaerah tersebut relative homogen. Dan juga menjelaskan bahwasannya pada daerah penelitian tidak adanya penurunan muka air tanah hal tersebut diketahui dari simulasi pemompaan, serta untuk menghindari penurunan muka air tanah sampai bawah laut maka pengambilan air tanah dilakukan dengan cara tidak melebihi 831 m³/hari/km² untuk kondisi aman [11].

Sedangkan menurut penelitian yang dikerjakan Devy S.D tahun 2016 menjelaskan pemodelan memerlukan data masukan yaitu berupa: resapan, sifat susunan akuifer, data koefisien keluar masuknya besarnya volume air, (K) atau kemampuan tanah melepaskan air (*hydraulic conductivity*), dan ketinggian kepala hidrolika. Kesimpulan yang didapatkan yaitu pada kawasan tambang aktif terjadi perubahan kedalaman muka air tanah piezometric yang berhubungan dengan perubahan kepala hidrolika terjadi pada galian bekas lubang bor yang semula 95 m dpl menjadi 58 m dpl pada daerah tambang yang sedang berjalan. Peralihan tersebut dikarenakan adanya kegiatan pertambangan berupa penggalian maupun pengeboran [12].

4. KESIMPULAN

Dari proses *literatur riview* didapatkan hasil bahwasannya intrusi air laut bisa terjadi karena adanya perbedaan tinggi muka air tanah dan air laut, dan apabila air tanah lebih tinggi dari air laut maka intrusi tidak akan terjadi, serta untuk mengetahui penurunan kedalaman *interface* sebelum adanya penambangan menggunakan konsep Ghzben-Hezberg dan sesudah adanya kegiatan penambangan menggunakan konsep Luscznski. Sedangkan untuk analisis kimia air tanah perlu dilakukannya uji laboratorium untuk mengetahui bahwasannya daerah tersebut terintrusi dan dicirikan dengan air payau / asin. Dan untuk hasil *review* dari pemodelan air tanah menggunakan software *MODFLOW* dan metode beda hinngga atau *Finite Difference Method* maka didapatkan hasil perubahan kedalaman muka air tanah atau penurunan muka air tanah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan paper ini tidak terlepas dukungan dari berbagai pihak khususnya Kepada Prodi Magister Teknik Pertambangan UPN “Veteran”Yogyakarta. Serta penulis menyampaikan terimakasih kepada LPPM UPN “Veteran”Yogyakarta yang telah mendanai sepenuhnya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA (10 PT)

- [1] Zhou. X. A method for estimating the fresh water-salt watetr interface with hydraulic heads in coastal aquifer and its application. 2011. School of water resources and environment, China university of geosciences, Beijing 100083, China.
- [2] Muhamad Ramli. Numerical Modeling Of Groundwater Flow In Multi Layer Aq Coastal Env. 2008. Kyoto University.
- [3] Minarto O, Wahyono S.C, Wianto T. Penentuan Pola Sebaran Intrusi Air Laut Di Pesisir Pantai Batakan Kalimantan Selatan Dengan Metode Geolistrik. Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat.2014. Vol 11. No. 1.
- [4] Nurrohim A, Tjaturahono.Bs, Setyaningsih W. *Kajian Intrusi Air Laut Di Kawasan Pesisir Kecamatan Rembang Kabupaten Rembang*. 2012; Geo Image 1 (1) (2012).
- [5] Suhartono E, Purwanto, Suripin. *Kondisi Intrusi Air Laut Terhadap Air Tanah Pada Akuifer di Kota Semarang*.2013. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan 2013. ISBN 978-602-17001-1-2
- [6] Todd, David K and Mays, Larry W. 2005. *Groundwater Hydrology*. “Wiley International Edition”.
- [7] Sari A.V.Studi Pengaruh Penambangan Pasir Besi Di Daerah Karangwunu Terhadap Kondisi Bidang Kontak Kabupaten Kulon Progo Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.Universitas Pembangunan Nasional “Yogyakarta”.2016.
- [8] Setiawan T, Yernia E, Purnomo B.J. 2017. *Intrusi Air Laut Pada System Akuifer Tertekan Cekungan Air Tanah Jakarta Berdasarkan Analisis Hidrokimia Dan Hidroisotop*. Ris.Geo.Tam Vol. 27, No.1, Juni 2017 (1-14).
- [9] Djijono.Intrusi Air Laut Pada Air Tanah Dangkal Di Wilayah DKI Jakarta. Institut Pertanian Bogor.2002.

- [10] Waspodo R.S.B. 2002. Pemodelan Air Tanah Pada Akuifer Tertekan Dengan Menggunakan Metoda Beda Hingga (Finite Difference Method) Di Kecamatan Kertajati, Kabupaten Majalengka. Buletin Keteknikan Pertanian. Vol. 16, No.2, Agustus 2002.
- [11] Sudinda W.S. 2019. *Simulation of groundwater potential padang island, Riau using visual mudflow*. Jurnal Air Indonesia Vol. 11, No 2, September 2019, 79 – 86.
- [12] Devy S.D. 2016. Permodelan Airtanah Dan Neraca Airtanah Dampak Penambangan Batubara Open Pit Pada Dampak Lipatan Sinklin Di Daerah Muara Lawa, Kabupaten Kutai Barat, Provinsi Kalimantan Timur. Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL, Vol. 4, No. 1, Desember 2016: 39-46