

PENERAPAN METODE GLOBAL UNTUK IDENTIFIKASI DAERAH INTRUSI AIR LAUT

Cahya Damayanti

Pusat Penelitian Laut Dalam - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Email Korespondensi: cahy009@lipi.go.id

ABSTRAK

Pertambahan jumlah penduduk dan penarikan air tanah secara berlebihan di daerah pesisir pantai menyebabkan banyak permasalahan, salah satunya adalah intrusi air laut. Intrusi air laut adalah proses masuknya atau menyusupnya air laut ke dalam akuifer air tanah. Air tanah akan tercampur dengan air asin yang menyebabkan kualitas air tanah menurun. Kualitas air tanah yang menurun mengakibatkan permasalahan serius terhadap ketersediaan konsumsi air bersih masyarakat pesisir. Studi penelitian tentang identifikasi persebaran intrusi air laut banyak dilakukan dengan berbagai macam metode. Dalam penelitian ini telah dilakukan tinjauan paper yang memberikan informasi tentang metode geolistrik, hidrokimia dan hidroisotop sebagai metode untuk mengidentifikasi persebaran intrusi air laut.

Kata kunci : Intrusi Air Laut, Metode, Tinjauan

ABSTRACT

The increase population and excessive withdrawal of groundwater in coastal areas cause many problems, one of which is sea water intrusion. Seawater intrusion is the process of entry or infiltration of sea water into groundwater aquifers. Ground water will be mixed with salt water which causes the quality of ground water to decrease. Declining ground water quality causes serious problems with the availability of clean water consumption in coastal communities. Research studies on the identification of the distribution of sea water intrusion are mostly done by various methods. In this research, a paper review has been conducted that provides information on geoelectric hydrochemical and hydroisotop as a method to identify the distribution of sea water intrusion.

Keyword : Seawater intrusion, Methods, Review

PENDAHULUAN

Eksplorasi air tanah di akuifer pantai telah berkembang sejak bertambahnya populasi di daerah pesisir. Hal itu membuat air permukaan lambat laun menjadi tidak mampu memenuhi kebutuhan air tawar yang terus meningkat [1]. Penarikan air tanah secara berlebih di daerah pesisir menimbulkan berbagai permasalahan antara lain terjadinya intrusi air laut [2]. Intrusi air laut merupakan proses menyusupnya air laut ke dalam akuifer air tanah yang terjadi di daerah pesisir [3]. Luasnya intrusi air laut dipengaruhi oleh sifat geologis, gradien hidrolik, laju

pengambilan air tanah dan pengisiannya [4]. Intrusi air laut dapat menyebabkan masalah bagi akuifer air tawar karena air tanahnya kontaminasi. Air tanah yang semula layak digunakan untuk air minum mengalami penurunan mutu sehingga tidak layak digunakan untuk keperluan sehari-hari [5]. Ada banyak jenis metode yang dapat digunakan sebagai metode identifikasi persebaran intrusi air laut, diantaranya geolistrik hidrokimia, dan hidroisotop. Penulisan artikel ini bertujuan untuk memberikan informasi dan rekomendasi tentang metode global yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi daerah intrusi air laut.

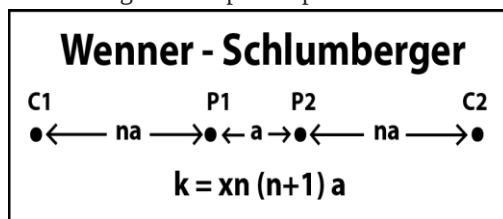
METODE

Dalam melakukan *review* paper ada beberapa langkah yang perlu dicermati antara lain: 1) Melakukan pemilihan paper atau jurnal yang relevan dengan tujuan penelitian, 2) Melakukan ringkasan dengan mengambil *point* penting yang sesuai dengan tujuan yang kita inginkan, 3) Membuat kesimpulan dan rekomendasi yang sesuai dengan tujuan penelitian.

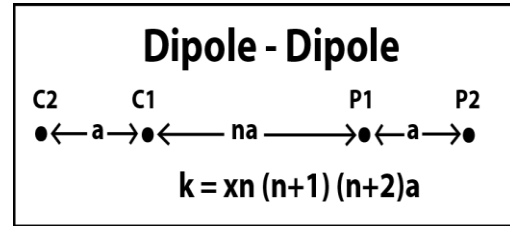
HASIL DAN PEMBAHASAN

Geolistrik

Salah satu metode dalam kajian geofisika yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi persebaran intrusi air laut adalah metode geolistrik. Metode geolistrik merupakan suatu metode geofisika yang didasarkan pada perubahan parameter harga resistivitas jenis. Metode ini digunakan untuk mengetahui nilai tahanan jenis resistivitas lapisan batuan bawah tanah dengan mengatur posisi elektroda [6]. Resistivitas adalah kajian khusus untuk hidrogeologi yang bertujuan untuk memungkinkan dalam membedakan antara air tawar dan air asin, antara akuifer berpasir batuan lunak dan material lempung [6]. Resistivitas tanah diukur dengan arus yang disuntikkan dan hasilnya perbedaan potensial di permukaan. Dibutuhkan dua pasang elektroda: elektroda A dan B digunakan untuk menyuntikkan arus listrik, sedangkan elektroda M dan N adalah untuk mengukur beda potensial [7]. Ada dua konfigurasi pada metode geolistrik yang dapat digunakan dalam penentuan sebaran intrusi air laut yaitu konfigurasi wenner-schlumberger dan dipole-dipole.



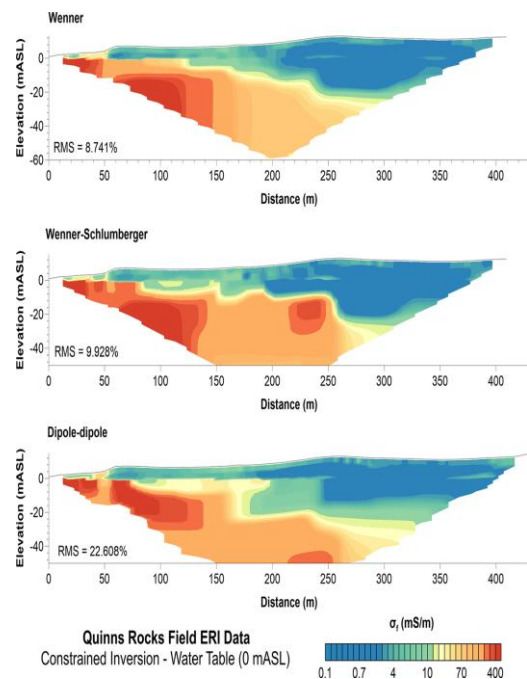
Gambar 1. Konfigurasi Wenner-Schlumberger [7]



Gambar 2. Konfigurasi Dipole-dipole [7]

Dengan C1 = Elektroda 1, C2 = Elektroda 2
 P1 = Potensial Elektroda 1, P2 = Potensial Elektroda 2

Kedua metode tersebut dapat digunakan dalam identifikasi daerah intrusi air laut. Dalam tinjauan dari paper [8] disajikan perbedaan hasil intepetasi dari hasil pengukuran resistivitas dengan menggunakan konfigurasi Wenner-Schlumberger dan Dipole-dipole.



Gambar 3. Penampang Resistivitas dengan metode Wenner-Schlumbergeer dan Dipole-dipole [8]

Harga tahanan jenis permukaan batuan ditentukan oleh masing-masing tahanan jenis unsur batuan. Tabel 1 menunjukkan variasi nilai-nilai resistivitas.

Tabel 1. Variasi Nilai Resistivitas Berbagai Jenis Material [9]

Material	Tahanan Jenis (Ωm)
Lempung	1-100
Air tanah	0,5-300
Lava	100-5x10 ⁴
Air Asin	0,2
Air Payau	0,3-1
Breksi	75-200
Tufa	20-100
Pasir	1-1000
Batu pasir	1-6,4x10 ⁸

Pada penampang resistivitas di atas, warna biru tua merupakan daerah air asin (air laut), sedangkan warna biru muda merupakan daerah percampuran antara air asin dengan air tawar (*mixing zone*). Dari data lapangan dan analisis numerik menunjukkan bahwa beberapa konfigurasi bidang geolistrik menyediakan informasi dasar tentang intrusi air laut yang dapat diinterpretasikan. Namun, setiap konfigurasi menunjukkan keterbatasan dan karakteristik [8]. Sebagai contoh, inversi data yang dikumpulkan dengan konfigurasi Wenner gagal mengidentifikasi substrat tanah liat dangkal dalam pemodelan numerik dan data lapangan. Sebaliknya, inversi data dengan konfigurasi dipol-dipol dapat menyelesaikan substrat hidrogeologi pesisir [8].

Hidrokimia

Penelitian identifikasi daerah persebaran intrusi air laut menggunakan pendekatan hidrokimia dengan melihat data konsentrasi klorida. Konsentrasi klorida yang tinggi dalam air minum akan menghasilkan rasa yang sangat tidak enak dan menyebabkan korosi dalam sistem distribusi air [1].

Di Indonesia, konsentrasi maksimal klorida dalam air yang ditetapkan sebagai standar

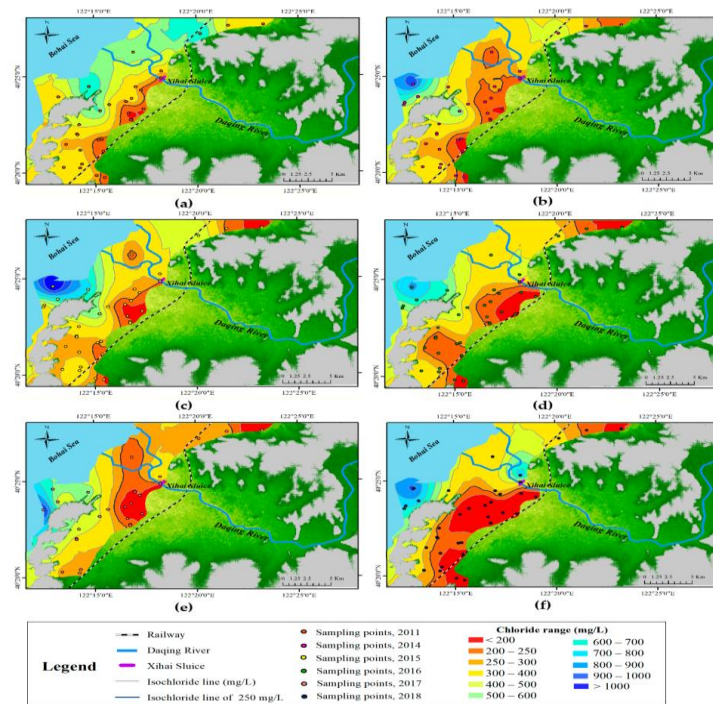
persyaratan adalah 500,0 mg/l sebagai konsentrasi maksimal yang diperbolehkan [10].

Analisis penyebab rasa asin pada air tanah tertekan di daerah penelitian dilakukan beberapa cara yaitu dengan menggunakan parameter hidrokimia yang saling berhubungan, yaitu besaran TDS (*Total Dissolve Solid*) terhadap jarak pengambilan sampel air dari pantai, perbandingan (rasio) Na/Cl, dan Cl/HCO₃.

Perbandingan (rasio) Na/Cl berguna untuk mengetahui derajat konsentrasi ion natrium yang nilainya berbanding terbalik dengan salinitas [11].

Pada beberapa penelitian, hasil analisis sample air yang mengandung konsentrasi klorida ini disajikan dalam bentuk peta distribusi.

Tinjauan paper [1] untuk mengetahui distribusi konsentrasi klorida di sepanjang pesisir timur Pantai Liaodong, Tiongkok. Mereka menggunakan 31 titik pengambilan sampel pada 2011, dan 34 titik pengambilan sampel pada tahun 2014, 34 titik pengambilan sampel pada tahun 2015, 37 titik pengambilan sampel pada tahun 2016, 26 titik pengambilan sampel pada tahun 2017, dan 37 titik pengambilan sampel pada tahun 2018. Sampel air tanah dikumpulkan dari sumur, dengan kedalaman pengambilan sampel adalah 0,5 m di bawah permukaan air tanah untuk memastikan bahwa sampel air mewakili kualitas air tanah. Tes konsentrasi klorida dilakukan oleh Yingkou Sub Pusat Pusat Pengawasan Lingkungan Air Liaoning. Peta prediksi konsentrasi klorida air tanah dibuat menggunakan analisis geostatistik di ArcGIS 10.1.

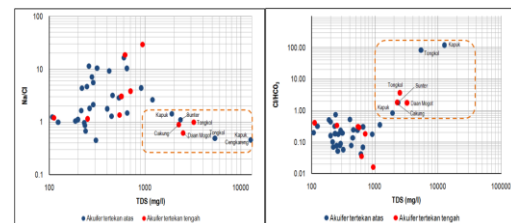


Gambar 4. Peta distribusi spasial konsentrasi klorida, (a) Tahun 2011, (b-f) Sepanjang tahun 2014-2018 [1]

Salinisasi biasanya mengikuti pola akuifer yang biasa dipengaruhi oleh intrusi air laut, dengan penurunan progresif dari pantai ke arah interior. Namun, situasi dalam penelitian daerah ini relatif kompleks karena Sungai Daqing dan Pintu Air Xihai berada di daerah hilir, yang akan berdampak besar pada intrusi air garam. Pada tahun 2011 (Gambar 4a), konsentrasi klorida menurun, tetapi konsentrasinya masih sangat tinggi, dan hampir semuanya lebih tinggi dari 250 mg / L. Kualitas air berdampak lebih serius ke utara Sungai Daqing, dan zona dengan klorida konsentrasi lebih tinggi dari 400 mg / L secara bertahap muncul di sepanjang muara Sungai Daqing [1].

Tinjauan dari paper [11] adalah melakukan identifikasi intrusi air laut menggunakan analisis hidrokimia (TDS, Na/Cl dan Cl/HCO_3) dengan mengambil sampel air sebanyak 42 sampel yang diperoleh dari sumur bor pada kedalaman 50 – 250 m. Pengambilan sampel air tanah untuk analisis hidrokimia yang dilakukan pada awal bulan November hingga awal bulan Desember tahun 2013 di Jakarta dengan hasil berupa

grafik hubungan antara nilai TDS terhadap Na/Cl dan Cl/HCO_3 yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan antara nilai TDS terhadap Na/Cl (kiri) dan Cl/HCO_3 (kanan) [11]

Kedua penelitian hidrokimia di atas memiliki perbedaan. Paper [1] mengambil sampel air dari sumur untuk uji klorida dengan hasil peta distribusi *mikrozonasi* daerah yang mengalami intrusi. Sedangkan penelitian pada paper [11] melakukan uji hidrokimia dengan berbagai parameter dan menyajikan data dalam bentuk grafik hubungan antar parameter.

Hidroisotop

Selain secara hidrokimia, identifikasi daerah

intrusi air laut juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan kandungan isotop alam yang terdapat pada sampel air daerah penelitian.

Pengumpulan sampel untuk analisis isotop ^{18}O dan ^2H yang stabil dilakukan langsung di sumber air. Selain isotop stabil ^{18}O dan ^2H , rasio molarity antara klorida dan bikarbonat dapat digunakan untuk mengidentifikasi mekanisme salinisasi dalam air tawar seperti perambatan air laut [12].

Tinjauan dari paper [13] dan [11] mengidentifikasi daerah sebaran intrusi air laut dengan isotop stabil ^{18}O dan ^2H yang dilakukan di Jakarta dan Semarang. Tinjauan dari paper [11] dalam analisis isotop ^{18}O dan ^2H menggunakan persamaan LMWL (Local Meteoric Water Line) yang terdapat pada Persamaan 1.

$$\delta^2\text{H} = 7,9\delta^{18}\text{O} + 14,1 \quad (1)$$

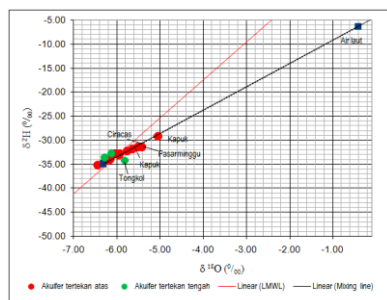
Sementara tinjauan dari paper [13] menggunakan persamaan LMWL yang terdapat pada Persamaan 2.

$$\delta^2\text{H} = 8,55\delta^{18}\text{O} + 16,76 \quad (2)$$

Tahapan analisis kandungan isotop pada tinjauan paper [11] dilakukan dengan cara mencampurkan air tawar dengan air asin (laut) untuk kemudian dianalisis menggunakan Persamaan 3.

$$\delta^{18}\text{O} = \delta_a^{18}\text{O}X + \delta_b^{18}\text{O}(1 - X) \quad (3)$$

Sedangkan pada tinjauan paper [13], sampel air dimasukkan ke dalam botol yang di tutup rapat sehingga tidak ada gelembung di dalam nya. Seluruh sampel air dianalisis di laboratorium.



Gambar 6. Grafik hasil plot isotop ^{18}O dan ^2H terhadap LMWL dan garis pencampuran air [11]

Agar hasil analisis identifikasi intrusi air laut secara hidroisotop lebih akurat, perlu

dilakukan elaborasi dengan parameter kimia lainnya seperti TDS, Cl/HCO_3 dan Na/Cl .

Analisis Pemilihan Metode

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mendeteksi persebaran intrusi air laut antara lain geolistrik, hidrokimia dan hidroisotop. Dari semua metode yang dapat digunakan dapat kita analisis faktor pendukung yang mempengaruhi keberhasilan metode-metode tersebut dalam Tabel 2.

Tabel 2. Analisis Pemilihan Alat dan Variabel Pengukuran Metode Penentuan Persebaran Intrusi Air Laut

Metode	Alat	Variabel Pengukuran
Geolistrik	Resistivimeter	Resistivitas (Tahanan Jenis) tanah atau batuan.
Hidrokimia	Pengujian laboratorium, pengukuran langsung dan Pengambilan Sampel	Konsentrasi Klorida, TDS, Na/Cl dan Cl/HCO_3 , dll
Hidroisotop	Pengujian laboratorium khusus dan pengambilan sampel	Isotop (^{18}O dan ^2H)

Selain itu, kondisi lingkungan yang berbeda untuk tiap metode. Kondisi tersebut mempengaruhi tingkat keberhasilan pada tiap metode tersebut yang dapat dilihat dalam

Tabel 3. Analisis Kondisi Lapangan Metode Penentuan Persebaran Intrusi Air Laut

Metode	Kondisi Lingkungan
Geolistrik	a. Ada litologi batuan b. Menghindari daerah berair (sungai atau genangan air) saat pengukuran berlangsung
Hidrokimia	a. Ada sumber air tanah yang berdekatan dengan bibir pantai b. Adanya kajian geologi lingkungan untuk mengidentifikasi akuifer
Hidroisotop	Ada sumber air tanah yang berdekatan dengan bibir pantai

KESIMPULAN

Berbagai metode global yang dapat digunakan untuk menentukan persebaran intrusi air laut antara lain geolistrik, hidrokimia dan hidroisotop. Metode-metode tersebut dapat digunakan dengan memperhatikan kondisi lingkungan dan variabel pengukuran yang sesuai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Ma, Z. Zhou, Q. Guo, S. Zhu, Y. Dai, and Q. Shen, "Spatial characterization of seawater intrusion in a coastal Aquifer of Northeast Liaodong Bay, China," *Sustain.*, 2019, doi: 10.3390/su11247013.
- [2] Y. Pratyas Katrinavia, A. Setyawan, and S. -, "Pemodelan Anomali Gaya Berat Akibat Curah Hujan dan Dinamika Air Tanah di Daerah Semarang (Halaman 6 s.d. 9)," *J. Fis. Indones.*, 2015, doi: 10.22146/jfi.24364.
- [3] D. Latifiani and A. Widyawati, "PENINGKATAN PENYADARAN HUKUM TENTANG PENCEMARAN AIR BAWAH TANAH AKIBAT INTRUSI AIR LAUT DI DESA KEL DADAPSARI KOTA SEMARANG," *J. Abdimas*, 2011.
- [4] K. Choudhury, D. K. Saha, and P. Chakraborty, "Geophysical study for saline water intrusion in a coastal alluvial terrain," *J. Appl. Geophys.*, 2001, doi: 10.1016/S0926-9851(01)00038-6.
- [5] A. N. Anna, "Kondisi Air Tanah di Daerah Perkotaan: Problema Antara Kuantitas dan Kualitas Air," *Forum Geogr.*, 2016, doi: 10.23917/forgeo.v7i1.4797.
- [6] K. Ernstson and R. Kirsch, "Aquifer structures: fracture zones and caves," in *Groundwater Geophysics*, 2008.
- [7] D. M. Loke, "Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies - A practical guide to 2-D and 3-D surveys Copyright," *Cangkat Minden Lorong*, 2000.
- [8] A. Costall, B. Harris, and J. P. Pigois, "Electrical Resistivity Imaging and the Saline Water Interface in High-Quality Coastal Aquifers," *Surv. Geophys.*, 2018, doi: 10.1007/s10712-018-9468-0.
- [9] W. M. Telford, L. P. Geldart, and R. E. Sheriff, "Telford - Applied Geophysics," *Book*. 1990, doi: 10.1180/minmag.1982.046.341.32.
- [10] Kemenkes RI, "Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum," *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia*. 2010.
- [11] T. Setiawan, E. Yermia, B. J. Purnomo, and H. Tirtomihardjo, "INTRUSI AIR LAUT PADA SISTEM AKUIFER TERTEKAN CEKUNGAN AIR TANAH JAKARTA BERDASARKAN ANALISIS HIDROKIMIA DAN HIDROISOTOP," *Ris. Geol. dan Pertamb.*, 2017, doi: 10.14203/risetgeotam2017.v27.430.
- [12] "The Situation of Seawater Intrusion in Tripoli, Libya," 2014, doi: 10.15242/iicbe.c614007.
- [13] A. B. Wijatna, M. Kayyis, Satrio, and E. R. Pujiindiyati, "Study of seawater intrusion in deep aquifers of semarang coast using natural isotopes and hydrochemicals," *Indones. J. Geosci.*, 2019, doi: 10.17014/ijog.6.1.17-28.