

Metode Global dalam Penelitian Intrusi Air Laut

Akhmad Zamroni

Jurusan Teknik Pertambangan, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi: akhmadzamroni@sttnas.ac.id

ABSTRAK

Intrusi air laut adalah proses migrasi secara alami di mana air laut menggantikan dan bercampur dengan air tanah, yang biasanya terjadi di daerah pesisir. Salah satu faktor penyebab intrusi air laut adalah penggunaan air tanah secara berlebihan di daerah pesisir. Penelitian ini merupakan penelitian dengan menggunakan data literatur mengenai metode-metode yang digunakan dalam penelitian intrusi air laut di beberapa negara di dunia, dengan tujuan untuk meningkatkan pemahaman tentang metode global dalam penelitian intrusi air laut dan untuk memberikan referensi dalam pemilihan metode penelitian intrusi air laut ke depannya. Penelitian ini dilakukan dengan meninjau lima paper tentang penelitian intrusi air laut dari lima negara yaitu Indonesia, Malaysia, Bangladesh, Italia, dan Amerika. Adapun metode yang digunakan yaitu gaya berat antar waktu, geolistrik, data hidrokimia, data angin, dan mikroba.

Kata kunci: Intrusi air laut, Metode, Tinjauan, Pustaka

ABSTRACT

Seawater intrusion is a natural migration process that seawater replaces and mixes with groundwater, which usually occurs in the coastal areas. One of the factors causing seawater intrusion is excessive use of groundwater in the coastal areas. This study is a literature review of seawater intrusion research methods in several countries around the globe. The purposes are to increase understanding of global methods in seawater intrusion research and to provide references in the selection of seawater intrusion research methods in the future. This study was conducted by reviewing five papers on seawater intrusion research from five countries. Those are Indonesia, Malaysia, Bangladesh, Italy, and America. The methods used are gravity between time, geoelectricity, hydrochemical data, wind data, and microbes.

Keywords: Seawater intrusion, Methods, Review, Literature

1. PENDAHULUAN

Intrusi air laut adalah proses migrasi air laut ke dalam air tawar [1]. Selain itu, intrusi air laut adalah proses alami, di mana air laut menggantikan dan bercampur dengan air tanah segar di akuifer pesisir karena perbedaan densitas antara air tawar dari salinitas yang berbeda [2]. Intrusi air laut adalah masalah global yang menyebabkan berbagai masalah dalam air tanah, kondisi tanah, dan vegetasi [3].

Salah satu faktor terbesar yang menyebabkan intrusi air laut adalah penggunaan air tanah yang berlebihan, terutama di daerah pesisir, sehingga air laut akan mudah terkontaminasi dengan air tanah. Kontaminasi tersebut tidak hanya terjadi di air tanah, tetapi juga di permukaan seperti melalui air sungai [4]. Kondisi ini didukung oleh jumlah curah hujan yang mengalir di permukaan kedap air seperti lapisan beton, kanal, dan danau yang mengurangi jumlah air tanah. Faktor lainnya adalah kenaikan permukaan laut secara alami atau karena perubahan iklim antropogenik dan gelombang badai. Kondisi tersebut dapat mengganggu keseimbangan antara air tanah dan air laut di daerah pesisir [5]. Dari masalah ini, yang disarankan adalah bahwa adanya keseimbangan penggunaan air tanah dan pengisian air [4].

Tujuan artikel ini adalah untuk menyoroti pentingnya metode penyelidikan intrusi air laut melalui tinjauan literatur ilmiah nasional maupun internasional, sedangkan tujuan dari tinjauan pustaka ini adalah 1) untuk meningkatkan pemahaman tentang metode global dalam penelitian intrusi air laut dan 2) untuk memberikan referensi dalam pemilihan metode penelitian intrusi air laut ke depannya.

2. METODE PENELITIAN

Lima tahap untuk melakukan tinjauan pustaka [6], antara lain : 1) Memulai pertanyaan adalah proses awal yang dimulai dengan mendefinisikan tujuan penelitian dalam penelitian. 2) Mengidentifikasi referensi yang relevan dengan melakukan pencarian literatur yang terkait dengan topik. 3) Menilai kualitas penelitian adalah langkah untuk memilih referensi guna memahami ide utama dari penelitian sebelumnya. Membaca makalah secara lengkap, sangat penting untuk mendapatkan pengetahuan lebih mendalam. 4) Meringkas fakta adalah langkah untuk meringkas hasil setiap penelitian. 5) Menafsirkan hasil penelitian adalah langkah untuk menggambarkan kesimpulan berdasarkan tujuan penelitian.

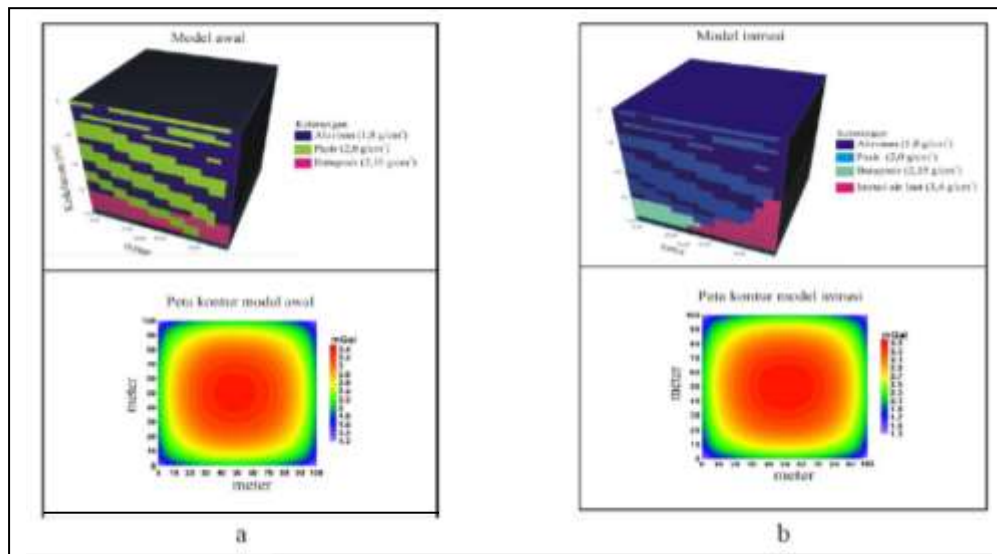
3. HASIL DAN DISKUSI

3.1. Gaya Berat Mikro Antar Waktu

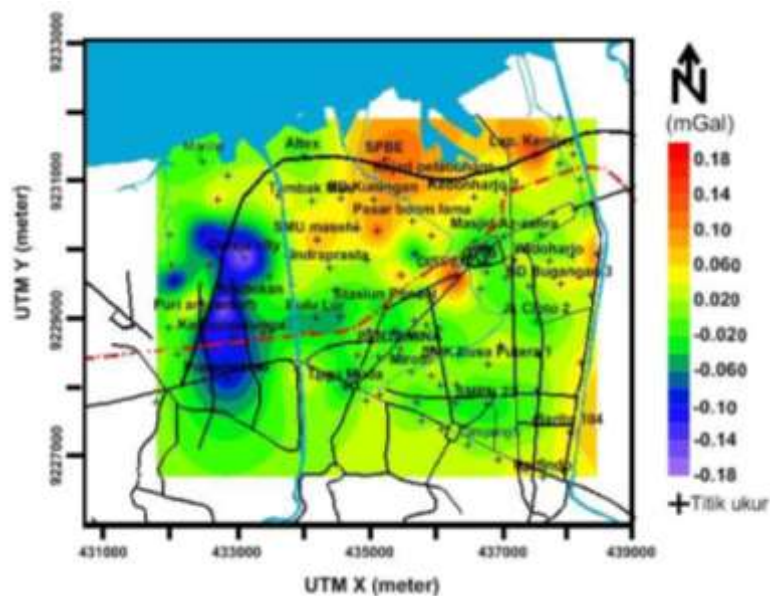
Tinjauan dari paper “Prediksi distrbusi intrusi air laut menggunakan metode gaya berat mikro antar waktu, studi kasus di Semarang Utara” [7], dalam penelitian ini dijabarkan bahwa penggunaan gaya berat mikro antar waktu untuk perubahan kondisi hidrogeologi di Semarang, yang merupakan salah satu kota besar di Indonesia.

Beberapa tahun terakhir telah terjadi intrusi air laut di Semarang, khususnya di daerah pemukiman pusat perkotaan dan di wilayah industri di bagian utara. Intrusi air laut tersebut terdeteksi dari sumur-sumur penduduk. Prinsip kerja dari metode gaya berat mikro antar waktu adalah pengukuran gaya berat dengan menggunakan gravimeter secara berulang baik harian, mingguan, bulanan, atau tahunan secara teliti dalam orde μGal dan pengukuran elevasi yang teliti. Alat-alat yang digunakan yaitu GPS dengan koordinat UTM untuk menentukan posisi titik ukur dan gravimeter Scintrex Autograv CG-5 untuk mengukur gaya berat dengan 110 titik yang tersebar di daerah penelitian.

Pengukuran dilakukan dua kali yaitu pada Mei 2013 yang merupakan musim penghujan dan Oktober 2013 yang merupakan musim kemarau. Pengukuran pada dua musim tersebut dilakukan agar sesuai prinsip kerja gaya berat mikro antar waktu yang mensyaratkan pengukuran lebih dari satu kali di titik yang sama pada waktu yang berbeda dengan tujuan mengetahui perbedaan nilai gaya di masing-masing titik ukur.



Gambar 1. Model intrusi air laut respon anomali gaya beratnya, (a) sebelum terjadi intrusi dan (b) setelah terjadi intrusi air laut [7].



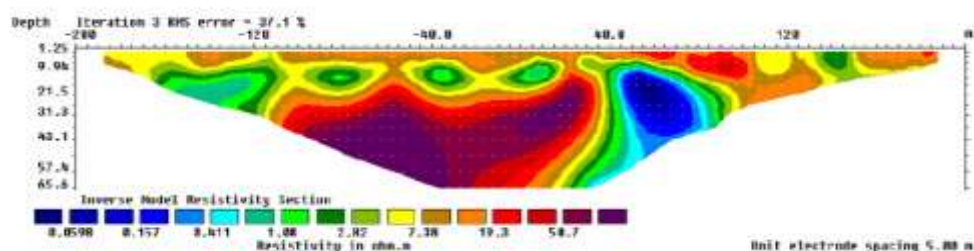
Gambar 2. Peta anomali gaya berat mikro antar waktu (Mei 2013-Oktober 2013) [7].

Berdasarkan gambar 1., memperlihatkan adanya anomali gaya berat akibat intrusi air laut sebesar 0,13 mGal sampai 0,18 mGal di kedalaman 40 meter sampai 100 meter. Data gaya berat mikro antar waktu dihasilkan dari pengukuran gaya berat pada bulan Oktober 2013 dengan gaya berat pada bulan Mei 2013. Berdasarkan hasil pengukuran, daerah yang mengalami intrusi air laut antara lain daerah SPBE Bandarharjo, Pelabuhan Tanjung Mas, daerah Johar, dan Pasar Boom Laa. Peta anomali gaya berat mikro antar waktu dapat dilihat pada gambar 2.

3.2. Geolistrik

Tinjauan dari paper “*Mapping of salt water intrusion by geoelectrical imaging in Carey Island*” [2], dalam penelitian ini dijabarkan metode geolistrik yang digunakan untuk memetakan daerah yang terkena dampak intrusi air laut di Carey Island, Selangor, Malaysia. Litologi di daerah tersebut adalah batupasir yang bercampur dengan batulempung laut dan batulanau.

Lima bentangan geolistrik dilakukan dengan jarak kurang lebih 400 meter dengan penetrasi kedalaman sekitar 66 meter. Pada salah satu bentangan geolistrik yang membentang ke arah timur hingga barat (sejajar garis pantai), menghasilkan gambar resistivitas dua dimensi yang menunjukkan daerah yang terkena dampak intrusi air laut (Gambar 3).



Gambar 3. Gambar resistivitas dua dimensi di sekitar Carey Island [2].

Zona resistivitas tinggi pada lapisan atas menggambarkan material-material tanggul seperti kerikil dan semen karena penelitian dilakukan di dekat pematang jalan. Zona rendah resistivitas (0.05 - 3 Ω m) pada sisi kanan gambar menunjukkan air laut yang menggenangi titik pada kedalaman 9 hingga lebih dari 40 meter. Pada zona dengan nilai resistivitas 19 - 50 Ω m menunjukkan litologi *bedrock*. Nilai resistivitas yang cenderung rendah pada *bedrock* ini diperkirakan karena adanya kontak dengan air laut yang membuat nilai resistivitas *bedrock* menjadi lebih rendah.

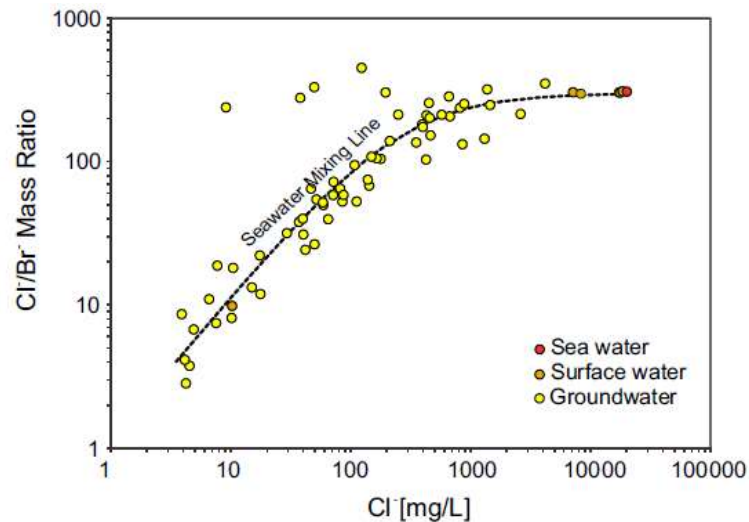
3.3. Data Hidrokimia

Tinjauan dari paper “*Seawater intrusion caused by unmanaged groundwater uses in a coastal tourist area, Cox’s Bazar, Bangladesh*” [8], dalam penelitian ini dijabarkan data hidrokimia yang digunakan untuk menganalisis efek intrusi air laut pada akuifer daerah pesisir. Kandungan chlorine/bromine digunakan sebagai identifikasi adanya kontaminasi air laut pada air tawar.

Cox’s Bazar merupakan daerah di pantai tenggara Bangladesh yang secara bertahap telah berubah dari pedesaan menjadi daerah perkotaan yang padat penduduk. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan yang pesat di bidang pariwisata. Penyebab terbesar intrusi air laut di daerah ini yaitu hotel-hotel yang menggunakan sumur air tanah secara bebas tanpa regulasi. Bahkan posisi air tanah di beberapa pusat wisata menunjukkan posisi di bawah air laut. Intrusi air laut terjadi melalui akuifer dari Teluk Bangal maupun melalui permukaan dari Sungai Bakkhali di bagian utara.

Pada penelitian ini, sampel air diambil dari tiga sumur dengan jarak lokasi sumur ke pantai berbeda-beda yaitu air di sumur dalam (lebih dari 150 m) dengan jarak 11 km dari pantai, air di sumur sedang (50 – 150 m) dengan jarak 4 km dari pantai, dan air dari sumur dangkal (kurang dari 50 m) dengan jarak 15 km dari pantai. Konsentrasi chloride yang digunakan yaitu < 5 mg/L. Massa rasio Cl/Br pada air laut di Cox’s Bazar yaitu 295, dimana massa rasio Cl/Br pada air laut pada umumnya yaitu 300, sedangkan massa rasio rata-rata Cl/Br pada ketiga sampel tersebut adalah 4, sehingga dari dua nilai tersebut dapat ditetapkan “*Seawater Mixing Line*” antara air tanah dan air laut.

Hasil penelitian disajikan dalam kurva perbandingan konsentrasi Cl/Br terhadap Cl (Gambar 4). 206 sampel air tanah yang diambil di sekitar lokasi penelitian menunjukkan kebanyakan sampel mengikuti garis “*Seawater Mixing Line*”, yang menunjukkan bahwa sebagian besar sampel air tanah telah dipengaruhi oleh intrusi air laut. Selain itu sampel air permukaan juga diambil dari Sungai Bakkhali, hasilnya sampel tersebut juga menunjukkan massa rasio Cl/Br yang sama dengan air laut.



Gambar 4. Konsentrasi Cl/Br terhadap Cl yang mengindikasikan pencampuran antara air laut dan air tanah [8].

3.4. Data Angin

Tinjauan dari paper “*Wind-induced salt-wedge intrusion in the Tiber river mouth (Rome–Central Italy)*” [9], dalam penelitian ini dijabarkan bahwa penggunaan data angin adalah untuk menghubungkan antara pola angin dan kenaikan muka air laut. Data angin permukaan diambil dari dua stasiun meteorologi yang terletak di Fiumicino dan Ostia. Data angin tersebut diambil dari tanggal 1 sampai 15 Mei 2012. Analisis statistik menunjukkan bahwa kecepatan angin rata-rata di kedua daerah tersebut lebih dari 4m/s.

Pada kenyataannya, angin dengan kecepatan lebih dari 4m/s memungkinkan terjadinya gelombang pada permukaan laut yang lebih besar dari yang terjadi saat pasang. Gelombang ini dapat memindahkan air laut ke daerah estuarin. Intrusi air laut yang terjadi didominasi melalui permukaan melewati daerah estuarin.

3.5. Mikroba

Tinjauan dari paper “*Effects of salinity and inundation on microbial community structure and function in a mangrove peat soil*” [10], dalam penelitian ini dijabarkan mengenai perubahan struktur dan fungsi mikroba yang dapat menjadi indikator anomali lingkungan dan perubahan ekosistem di lingkungan rawa akibat intrusi air laut.

Penelitian ini dilakukan di Florida, Amerika. Mikroba dalam tanah merupakan indikator yang sensitif terhadap perubahan lingkungan karena rasionya yang sangat banyak. Dari hasil penelitian didapatkan peningkatan genangan pasang air laut mengakibatkan penurunan aktivitas enzim tanah, terutama alkalin fosfatase, peningkatan kelimpahan dan keragaman prokariot, dan penurunan jumlah eukariota.

3.6. Analisis Pemilihan Metode

Dari metode-metode di atas kemudian dianalisis berdasarkan kondisi lingkungan dan keahlian peneliti untuk menentukan pemilihan metode yang tepat dalam penelitian intrusi air laut. Kondisi lingkungan didapatkan dari data literatur tersebut mengenai kecocokan penggunaan metode tersebut dengan lingkungan penelitian, sedangkan keahlian peneliti disimpulkan dari keahlian penulis dalam paper-paper tersebut dan kaitan objek penelitian dengan ilmu terkait. Hasil analisis ditampilkan di Tabel 1.

Tabel 1. Analisis pemilihan metode dalam penelitian intrusi air laut sesuai dengan kondisi lingkungan dan keahlian peneliti.

Metode	Kondisi Lingkungan	Keahlian Peneliti
Gaya Berat Mikro Antar Waktu	Adanya musim hujan dan musim kemarau	Fisika, Geofisika, Geologi
Geolistrik	Adanya litologi batuan	Fisika, Geofisika, Geologi
Data Hidrokimia	Adanya sumur dan sungai di dekat pantai	Kimia, Geologi
Data Angin	Angin yang cukup tinggi	Fisika, Matematika, Geologi
Mikroba	Rawa	Biologi

4. KESIMPULAN

Pemaparan metode global dalam penelitian intrusi air laut telah dipaparkan secara detail. Kesimpulan dari penelitian ini adalah metode-metode dalam penelitian intrusi air laut sangat bervariasi, metode tersebut dapat digunakan sesuai dengan kondisi lingkungan dan keahlian peneliti.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta yang telah menyediakan penulis tempat dan fasilitas dalam melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] United States Geological Survey. USGS Fact Sheet 057-00. *Is Seawater Intrusion Affecting Groundwater on Lopez Island, Washington?*. Washington, United States America. 2000.
- [2] Samira I, Roslan H, Samsudin BT. *Mapping of Salt-Water Intrusion by Geoelectrical Imaging in Carey Island*. 5th International Symposium on Hydrocarbons & Chemistry (ISHC5), Sidi Fredj, Algiers. 23rd – 25th May 2010.
- [3] Giada F, Valentina C, Vittorio DF. Saltwater Intrusion in Coastal Aquifers: A Primary Case Study along the Adriatic Coast Investigated within a Probabilistic Framework. *Water*. 2013; 5: 1830-1847.
- [4] Lanbo L. Saline water intrusion. *Natural and Human Induced Hazards*. 2. Abu Dhabi, U.A.E.: Encyclopedia of Life Support Systems; 2002.
- [5] Earth System Science Education Alliance. *Salt Water Intrusion*. https://esseacourses.strategies.org/module.php?module_id=65. May 13th, 2008.
- [6] Khalid SK, Regina K, Gerd A. Five steps to conducting a systematic review. *Journal of the Royal Society of Medicine*. 2003, 96(3): 118-121.
- [7] Supriyadi, Sulhadi. *Prediksi Distribusi Intrusi Air Laut Menggunakan Metode Gaya Berat Mikro Antar Waktu, Studi Kasus di Semarang Utara*. *Proceeding, Seminar Nasional Kebumihan Ke-9 Peran Penelitian Ilmu Kebumihan dalam Pemberdayaan Masyarakat*. 6 - 7 Oktober 2016; Grha Sabha Pramana.
- [8] Suraiya F, Andreas M, Anwar Z, Muhammad QH, Mohammed AH. Seawater Intrusion Caused Bby Unmanaged Groundwater Uses in A Coastal Tourist Area, Cox's Bazar, Bangladesh. *Environmental Earth Sciences*. 2018, 77(75): 1-13.
- [9] Fabio M, Giuseppe C, Francesco LV, Roberto M, Annalisa P. Wind-induced salt-wedge intrusion in the Tiber river mouth (Rome–Central Italy). *Environmental Earth Sciences*. 2014.
- [10] Lisa GC, Rafael G, Joseph NB, Tiffany GT, Stephen ED. Effects of Salinity and Inundation on Microbial Community Structure and Function in a Mangrove Peat Soil. *Wetlands*. 2016.