

INVESTIGASI ZONA INTRUSI AIR LAUT BERDASARKAN PROFIL DATA *GROUND PENETRATING RADAR* (GPR): STUDI KASUS TELUK BETUNG

Boi Sondang Meka¹, Andri Yadi Paembonan², Reza Rizki³

^{1,2}Institut Teknologi Sumatera; Lampung Selatan, (0721) 8030188

³Program Studi Teknik Geofisika, Jurusan Teknik Manufaktur dan Kebumihan ITERA

Corresponding author: andri.paembonan@tg.itera.ac.id

Manuscript received: xxxxx, 2019; *revised:* xxxxx, 2019;

Approved: xxxxx, 2019; *available online:* xxxxx, 2019

Abstrak - Investigasi zona intrusi air laut berdasarkan profil data *ground penetrating radar* (GPR) dilakukan pada Teluk Betung. Intrusi air laut dapat mempengaruhi kehidupan dan penghidupan manusia. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang zona yang terkontaminasi intrusi air laut. Sebagai pendukung penelitian dilakukan pengukuran nilai salinitas relatif (%) dengan pengambilan sampel di lokasi penelitian sebanyak sepuluh titik sedalam 0,5 meter. Data penelitian yang digunakan merupakan data sekunder GPR sebanyak empat lintasan, lintasan pertama memanjang pada arah Timur Laut-Barat Daya dan tiga lintasan lainnya memotong lintasan Panjang tersebut pada arah Barat Laut-Tenggara. Pengolahan data GPR menggunakan *software* ReflexW. Pada profil lintasan GPR menunjukkan zona intrusi air laut berada pada kedalaman 0,8 meter sampai 6 meter. Data salinitas meningkat seiring bertambahnya kedalaman pengukuran dan mengakibatkan pelemahan amplitudo sinyal GPR.

Kata kunci: Intrusi Air Laut, *Ground Penetrating Radar* (GPR), dan Salinitas Relatif (%).

Abstract - Investigation of the sea water intrusion zone based on the *ground penetrating radar* (GPR) data profile was carried out at Teluk Betung. Seawater intrusion can affect human life and livelihoods. Therefore, it is necessary to conduct research on the zone contaminated by sea water intrusion. To support the research, the measurement of the relative salinity value (%) was carried out by taking samples at the research location as many as ten points as deep as 0.5 meters. The research data used are secondary GPR data with four lines, the first line extends in the Northeast-Southwest direction and the other three lines intersect the Long line in the Northwest-Southeast direction. GPR data processing using ReflexW software. The GPR trajectory profile shows that the sea water intrusion zone is at a depth of 0.8 meters to 6 meters. The salinity data increases as the measurement depth increases and results in attenuation of the amplitude of the GPR signal.

Keywords: Sea Water Intrusion, *Ground Penetrating Radar* (GPR), and Relative Salinity (%).

How to cite this article:

Meka, B. S., Paembonan, A. Y., Rizki, R., 2020. Investigasi Zona Intrusi Air Laut Berdasarkan Profil Data Ground Penetrating Radar (GPR): Studi Kasus Teluk Betung. Teknik Geofisika, ITERA.

1. Pendahuluan

Air bersih merupakan kebutuhan vital manusia sehingga kualitas air yang dikonsumsi harus memiliki kualitas yang baik karena dapat mempengaruhi kehidupan manusia. Di daerah pesisir pantai air tawar sering mendapat pengaruh dari intrusi air laut yang memasuki akuifer di bawah permukaan bumi (Sugeng 2007). Akibatnya air tawar akan berubah menjadi payau sehingga tidak sepenuhnya dapat

digunakan oleh masyarakat. Intrusi air laut dapat mengakibatkan dampak negatif bagi manusia, seperti gangguan kesehatan, penurunan kesuburan tanah, dan kerusakan bangunan (Annan dkk, 1989). Oleh karena itu, perlu diketahui zona intrusi air laut di bawah permukaan yang sebagai pengetahuan bagi masyarakat dalam pemanfaatan air tanah. Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan untuk investigasi zona intrusi air laut adalah

metode GPR. Penelitian di daerah lokasi penelitian ini, seperti Thareq, 2019 dengan judul “Identifikasi Lapisan Sedimen Menggunakan Metode *Ground Penetrating Radar* (GPR)” dan Dicko dkk., 2020 tentang “Studi Lingkungan Pengendapan Pantai Terbuka Dengan Pengaruh Arus Pasang Surut (*Open Coast Tidal Flat*)”. Penelitian lain yang serupa dengan penelitian ini seperti, Satish dkk., 2016, igel dkk., 2013.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui respon amplitudo sinyal GPR pada zona intrusi air laut.
2. Untuk mengetahui kedalaman zona intrusi air laut berdasarkan interpretasi data GPR.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari kondisi bawah permukaan bumi dengan menggunakan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi antara 1 MHz-1000 MHz. Gelombang elektromagnetik akan dipancarkan ke dalam bumi untuk mendeteksi permitivitas listrik, konduktivitas, dan permeabilitas medium yang dilewati oleh pulsa elektromagnetik. Metode GPR dapat menghasilkan citra bawah permukaan bumi dengan resolusi yang tinggi, khususnya untuk survei dangkal dan sifatnya non destruktif (tidak merusak) (Knight, R. 2001).

Prinsip dasar GPR didasarkan pada persamaan Hukum Maxwell (Jol, 2009).

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (1)$$

$$\nabla \times H = J + \frac{\partial D}{\partial t} \quad (2)$$

$$\nabla \cdot D = q \quad (3)$$

$$\nabla \cdot B = 0 \quad (4)$$

Dengan E kuat medan listrik (volt/meter), B induksi magnet (weber/meter²), D

pergeseran medan listrik (coulomb/meter²), H kuat medan magnet (ampere/meter), Q rapat muatan listrik (coulomb/meter²), dan J rapat arus (ampere/meter²).

Perambatan gelombang GPR di bawah permukaan bergantung terhadap sifat kelistrikan batuan seperti, kecepatan cahaya (c), konstanta relatif dielektrik (ϵ_r), dan permeabilitas magnetik (μ_r). Hubungan cepat rambat gelombang elektromagnetik terhadap sifat kelistrikan batuan ditunjukkan Tabel 1. Kecepatan gelombang radar (Vm) pada medium dituliskan sebagai berikut:

$$V_m = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{0.3}{\sqrt{\epsilon_r}} m/ns \quad (5)$$

Sinyal yang terekam pada *radargram* GPR merupakan amplitudo dari sinyal ketika melalui medium bawah permukaan (Astutik, 1997). Koefisien refleksi sinyal ketika melalui dua medium dengan sifat kelistrikan yang berbeda dituliskan sebagai berikut:

$$R = \frac{(V_1 - V_2)}{(V_1 + V_2)} = \frac{(\sqrt{\epsilon_{r2}} - \sqrt{\epsilon_{r1}})}{(\sqrt{\epsilon_{r2}} + \sqrt{\epsilon_{r1}})} \quad (6)$$

Dengan R adalah koefisien refleksi, V_1 dan V_2 adalah kecepatan gelombang radar medium pertama dan kedua, dan ϵ_{r1} , ϵ_{r2} adalah konstanta dielektrik medium pertama dan kedua.

3. METODE PENELITIAN

Metode *Ground Penetrating Radar* (GPR)

Frekuensi antena yang digunakan pada penelitian ini sebesar 200 MHz. Metode pengambilan data menggunakan konfigurasi CRP (*Continuous Reflection Profiling*). Pengukuran data GPR dilakukan pada empat lintasan. Lintasan pertama memanjang pada arah Timur Laut-Barat Daya dan tiga lintasan lainnya memotong lintasan Panjang tersebut pada arah Barat Laut-Tenggara. Dengan Panjang lintasan masing-masing 74 meter, 19 meter, 16 meter, dan 17 meter (Gambar 1)r. Lokasi

penelitian berada di daerah pesisir pantai Teluk Betung, Bandar Lampung.

Salinitas

Salinitas merupakan kandungan garam pada air laut. Salinitas didefinisikan sebagai padatan garam yang terlarut dalam satu kilogram air laut di mana semua brom dan yodium diganti oleh klor dalam jumlah yang sama; semua karbonat diubah menjadi oksida dan semua zat organik berubah menjadi oksida. Nilai salinitas dinyatakan dalam (%) (Garrison, 2004). Pengukuran salinitas dilakukan di sekitar lintasan GPR digunakan sebagai data pendukung. Salinitas diukur pada kedalaman 30 cm, 40 cm, dan 50 cm menggunakan alat pengukur salinitas Refractometer ATC.

Pengolahan Data

Pengolahan data GPR menggunakan *software* reflexw. Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder. Pengolahan data salinitas menggunakan *software* Surfer.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ground Penetrating Radar (GPR)

Lintasan pertama (Gambar 3) profil GPR menunjukkan zona intrusi air laut pada kedalaman 0,7 meter hingga kedalaman 6 meter. Hal ini dapat dilihat dari respon amplitudo sinyal yang kecil. Lintasan kedua (Gambar 4) menunjukkan zona intrusi air laut berada pada kedalaman 0,8 meter sampai kedalaman 6 meter dari Sedikit berbeda dengan lintasan pertama, amplitudo sinyal GPR pada lintasan ini lebih kasar. Hal ini menunjukkan intrusi air laut lebih kecil pada lintasan ini. Lintasan ketiga (Gambar 5) profil GPR atenuasi gelombang elektromagnetik terjadi pada kedalaman 0,5 sampai 6 meter di sepanjang lintasan pengukuran. Pada lintasan ini intrusi air laut yang ditemukan lebih dangkal dibandingkan dengan lintasan 1 dan 2. Intrusi air laut berada didekat permukaan (*near surface*). Kondisi ini diakibatkan oleh lintasan dekat dengan

bekas tambak yang terisi oleh air laut. Lintasan keempat (Gambar 6) profil GPR penurunan amplitudo sinyal gelombang elektromagnetik terjadi pada kedalaman 1 sampai 2 meter dari jarak 0 sampai 3,5 meter dan dari jarak 6 sampai 20 meter lintasan. Lapisan ini menunjukkan sinyal dengan amplitudo yang masih kasar, hal ini menandakan lapisan ini tersusun atas pasir halus hingga pasir kasar dengan lempung.

Facies sedimen pada lokasi penelitian merupakan pasir kering dari permukaan sampai kedalaman 0,8 meter. Dari kedalaman 0,8 meter sampai 6 meter merupakan pasir dengan perselingan lempung yang tersaturasi air laut. *Facies* dengan kondisi pasir mengasar ke permukaan disebut sebagai *facies intertidal* bawah (Dicko dkk., 2020). Hal ini mengakibatkan respon amplitudo sinyal yang berbeda pada setiap lapisan. Pada lapisan pasir kering amplitudo sinyal GPR akan besar, sedangkan pada lapisan pasir tersaturasi air laut amplitudo sinyal GPR lebih kecil.

Distribusi Salinitas

Salinitas relatif pada kedalaman 30 cm memiliki rentang nilai antara 9-21 % (Gambar 7). Salinitas tertinggi berada pada titik lima yaitu 21 % dan salinitas terendah berada pada titik enam yaitu sebesar 9 %. Perbedaan salinitas pada kedua titik ini disebabkan oleh faktor penguapan dan luapan air laut ketika pasang. Titik lima merupakan daerah bekas tambak yang terus terendam oleh air laut ketika pasang surut. Rendahnya salinitas pada titik lima disebabkan oleh penguapan oleh radiasi matahari setiap harinya. Ketika terjadi pasang air laut melalui titik ini, akan cepat kering karena kondisi tanah yang miring. Hal ini menyebabkan kondisi pada titik ini selalu kering. Pada kedalaman 40 cm terjadi peningkatan salinitas dibandingkan dengan salinitas pada kedalaman sebelumnya, yaitu antara 13-26 % (Gambar 8). Salinitas tertinggi berada pada titik lima dengan nilai salinitas sebesar 26 %. Salinitas tertinggi

pada kedalaman ini sama dengan salinitas tertinggi pada kedalaman sebelumnya. Hal ini disebabkan oleh pengaruh air laut yang menutupi lokasi pengambilan sampel pada titik ini. Pengukuran salinitas pada kedalaman 0.5 meter (Gambar 9) menunjukkan peningkatan yaitu antara 14-27 %. Nilai salinitas tertinggi berada pada titik lima yaitu 27 %, sedangkan salinitas terendah berada pada titik empat.

Korelasi Data GPR Dengan Salinitas

Korelasi data GPR dengan salinitas pada kedalaman 30 cm (Gambar 10) menunjukkan nilai salinitas paling besar berada pada lintasan 3, lintasan 4 dan di lintasan 1 dari jarak 0-50 meter. Nilai salinitas besar mengakibatkan respon amplitudo sinyal gelombang GPR yang kecil. Salinitas yang besar mencirikan adanya zona intrusi air laut. Pada Gambar 11 menunjukkan hasil yang sama dengan Gambar 10 yaitu nilai salinitas paling besar berada pada lintasan 3, lintasan 4 dan di lintasan 1 dari jarak 0-50 meter. Pada kedalaman 40 cm nilai salinitas menunjukkan peningkatan dibandingkan dengan nilai salinitas pada kedalaman 30 cm. Salinitas yang besar mencirikan adanya zona intrusi air laut. Nilai salinitas berbanding lurus terhadap konstanta dielektrik relatif, di mana nilai salinitas meningkat menyebabkan peningkatan nilai konstanta dielektrik. Korelasi data GPR dengan salinitas pada kedalaman 50 cm (Gambar 12) menunjukkan hal yang sama dengan salinitas pada kedalaman sebelumnya. Di mana nilai salinitas paling besar berada pada lintasan 3, lintasan 4 dan lintasan 1 dari jarak 0-50 meter. Nilai salinitas menunjukkan peningkatan terhadap kedalaman pengukuran. Korelasi data GPR dengan salinitas menunjukkan respon amplitudo sinyal GPR kecil pada zona dengan nilai salinitas yang tinggi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Pada profil GPR sinyal gelombang elektromagnetik memiliki

amplitudo yang rendah pada zona yang terkontaminasi intrusi air laut. Amplitudo sinyal yang rendah diakibatkan oleh perpindahan sinyal dari medium dengan konstanta dielektrik rendah ke konstanta dielektrik yang lebih tinggi. Hal ini mengakibatkan koefisien refleksi dari medium ini kecil. Data pendukung salinitas menunjukkan peningkatan terhadap kedalaman. Hal ini mendukung bahwa salinitas yang besar memberikan respon amplitudo sinyal yang kecil pada zona tersebut.

2. Zona intrusi air laut di semua lintasan berada pada kedalaman 0,8 meter sampai kedalaman 6 meter. Korelasi data GPR dengan data salinitas menunjukkan amplitudo sinyal gelombang radar GPR sangat rendah ketika melalui zona dengan salinitas tinggi. Semakin besar nilai salinitas pada suatu material yang dilalui sinyal GPR mengakibatkan pelemahan amplitudo yang besar.

Saran

Dari pengolahan data dan pengambilan data penelitian ini terdapat kelemahan antara lain :

1. Pengukuran data salinitas di daerah penelitian tidak berada tepat pada titik pengukuran data GPR sehingga korelasi salinitas dengan GPR kurang maksimal.
2. Pengukuran data salinitas sedalam 50 cm tidak sepenuhnya dikorelasikan dengan kedalaman penetrasi GPR yaitu 6 meter.
3. Tidak informasi data bor pada lokasi penelitian.

Oleh karena itu saran yang diharapkan penulis antara lain :

1. Pengukuran salinitas harus tepat pada titik pengukuran GPR untuk memudahkan korelasi.

2. Pengukuran salinitas harus dilakukan lebih dalam minimal setengah dari kedalaman penetrasi GPR atau sedalam penetrasi GPR nya.
3. Dibutuhkan alat bor yang lebih baik untuk mendapatkan kedalaman yang lebih dalam untuk mengukur salinitas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Andri Yadi Paembonan dan Bapak Reza Rizki yang memberikan arahan dan bimbingannya dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga kepada Albert Marbun, Darwin Sihombing, dan Joy Tampubolon dalam pengambilan data salinitas di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

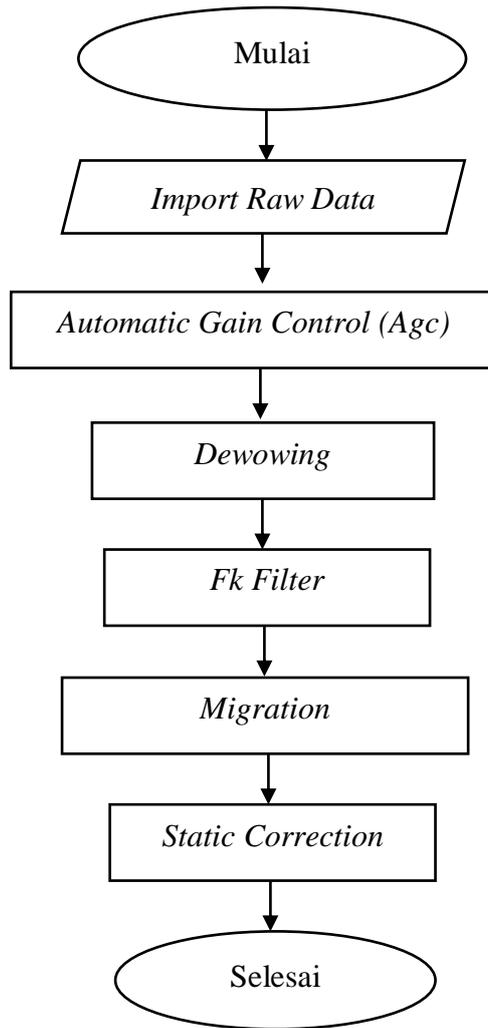
- Annan, A. P. dan Davis J. L. 1989. Ground Penetrating Radar for High Resolution Mapping of Soil and Rock Stratigraphy. Canada : Geophys Prospect.
- Annan, A. P. 1992. Ground penetrating radar workshop notes. Sensors and software. Canada: Geophys Prospect.
- Astutik S. 1997. Penggunaan GPR Sebagai Metal Detector. Jurnal Ilmu Dasar, Vol. 2 No. 1:9-16, MALA GeoScience.
- Dicko, dkk., 2020. Studi Pengendapan Pantai Terbuka Dengan Pengaruh Arus Pasang Surut (Open Coast Tidal Flat) Pada Pantai Teluk Betung Bandar Lampung. Jurnal Ilmiah Geologi Pangea Vol. 7, No. 1. Lampung: Teknik Geologi Institut Teknologi Sumatera.
- Garrison, T. 2004. Essentials of oceanography. Brooks/Cole, Australia, 352 pp.
- Igel et al., 2013. Ground-penetrating radar insight into a coastal aquifer: the freshwater lens of Borkum Island. Hanover, Germany.
- Jol, Harry. M. 2009. Ground Penetrating Radar; Theory and Application. United Kingdom: Elsevier Science.
- Knight, R. 2001. Ground Penetrating Radar for Environment Application. Annu. Rev. Earth Planet. Sci, Vol. 29, pp. 229-55.
- Satish dkk., 2016. Application of ERT and GPR For Demarcating the Saline Water Intrusion in Coastal Aquifers of Souther India. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Sugeng 2007. Gejala Intrusi Air Laut di Daerah Pantai Pekalongan. Jurnal Ilmu Kelautan 12 (1):45-52.
- Thareq, L., 2020. Identifikasi Lapisan Sedimen Menggunakan Metode Ground Penetrating Radar (GPR) Studi Kasus Teluk Betung,” Teknik Geofisika: Institut Teknologi Sumatera.

Tabel 1. Permittivitas relatif, konduktivitas, kecepatan dan atenuasi (Annan, 1992)

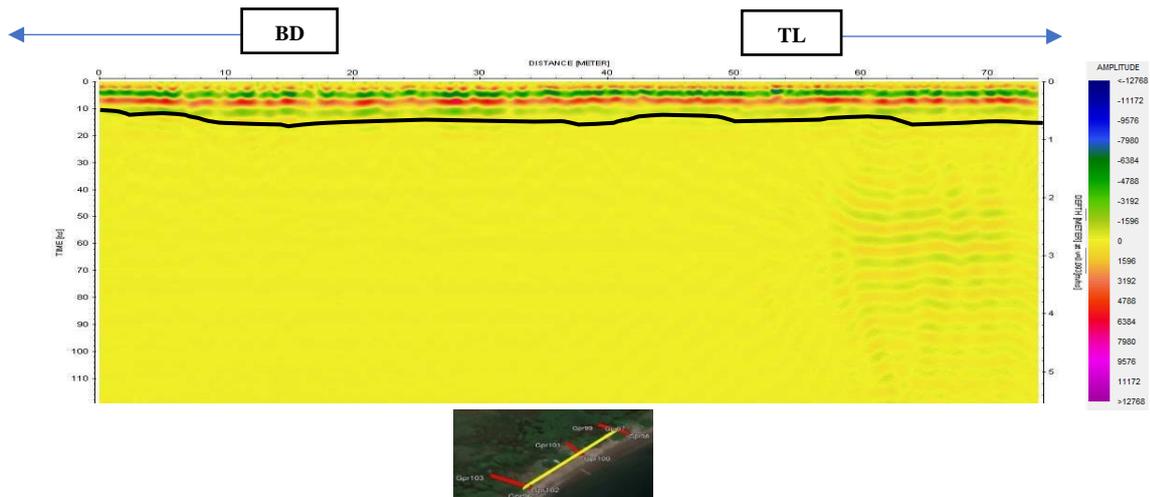
Material	Permittivitas relatif	Konduktivitas (mS/m)	Kecepatan (m/ns)	Koef. Atenuasi (db/m)
Udara	1	0	0.3	0
Air terdistilasi	80	0.01	0.033	2×10^{-3}
Air segar	80	0.5	0.033	0.1
Air laut	80	3×10^3	0.01	10^3
Pasir kering	3-5	0.01	0.15	0.01
Pasir jenuh	20-30	0.1-1	0.08	0.03-0.3
Batugamping	4-8	0.5-2	0.12	0.4-1
Serpih	5-15	1-100	0.09	1-100
Lanau	5-30	1-100	0.07	1-100
Lempung	5-40	2-1000	0.06	1-300
Granit	4-6	0.01-1	0.13	0.01-1
Garam kering	5-6	0.01-1	0.13	0.01-1
Es	3-4	0.01	0.16	0.01



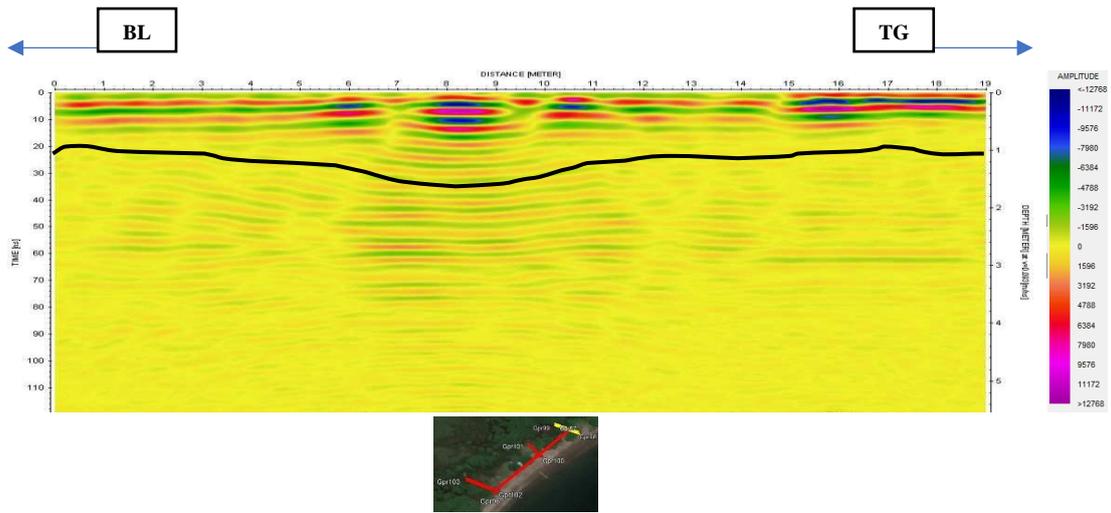
Gambar 1. Peta lokasi penelitian dan lintasan akuisisi.



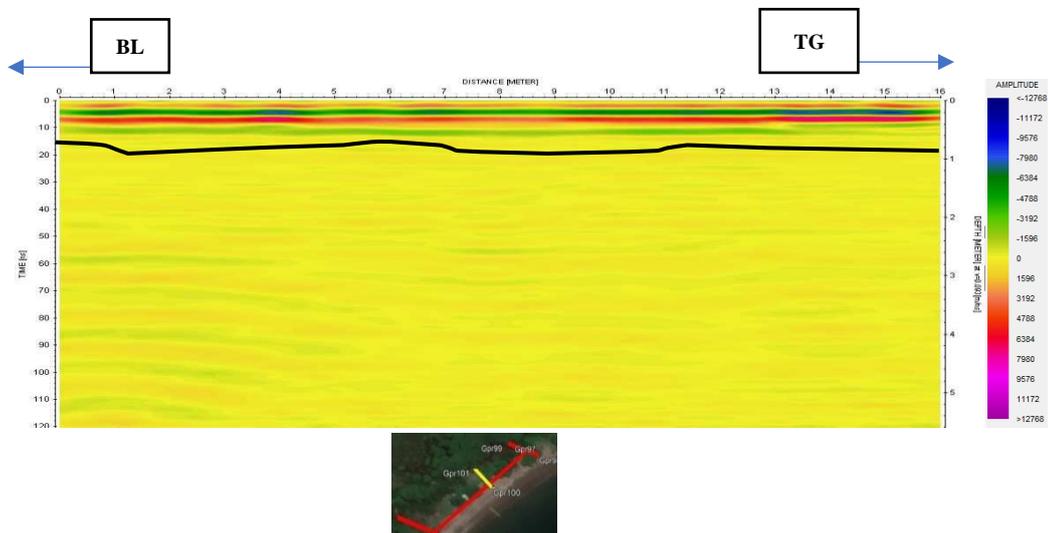
Gambar 2. Pengolahan data GPR.



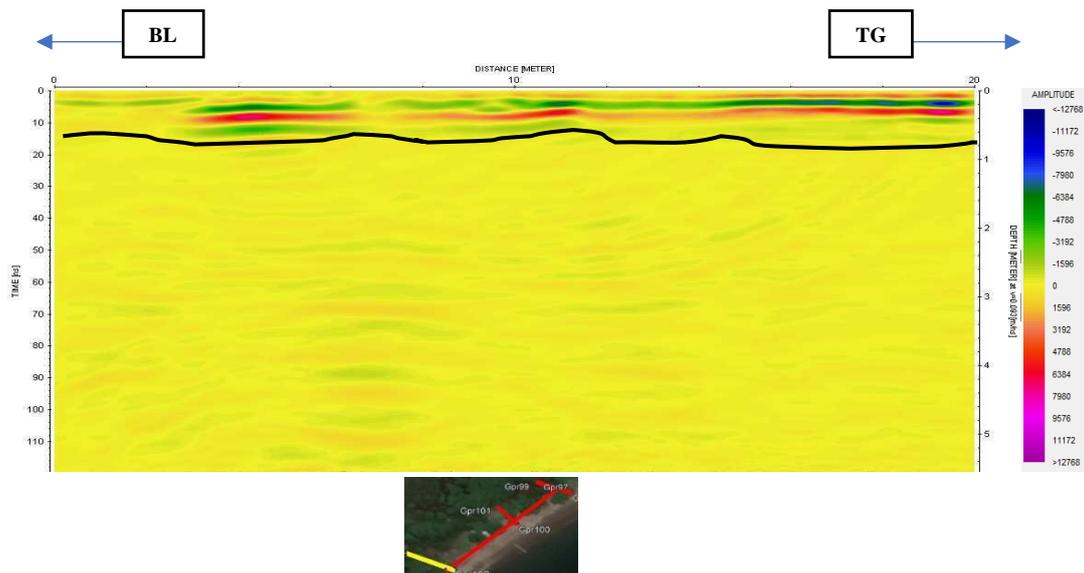
Gambar 3. Profil lintasan 1 GPR.



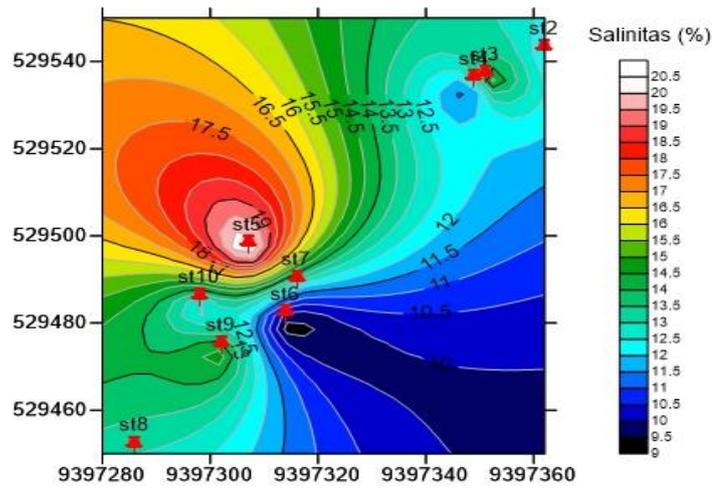
Gambar 4. Profil lintasan 2 GPR.



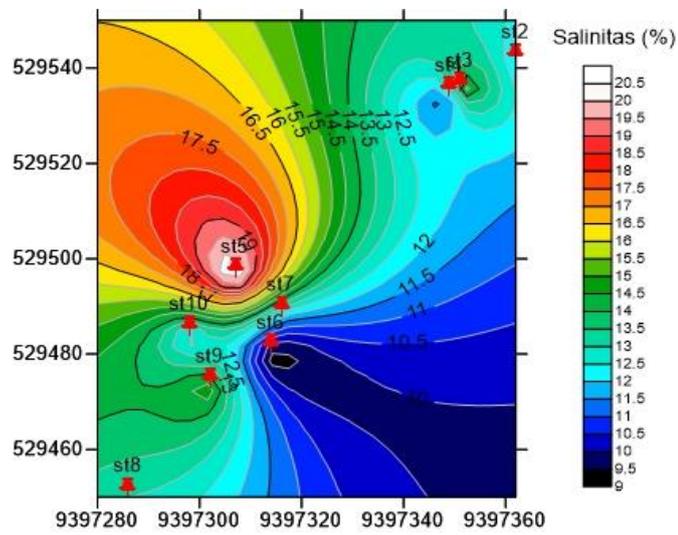
Gambar 4. Profil lintasan 3 GPR.



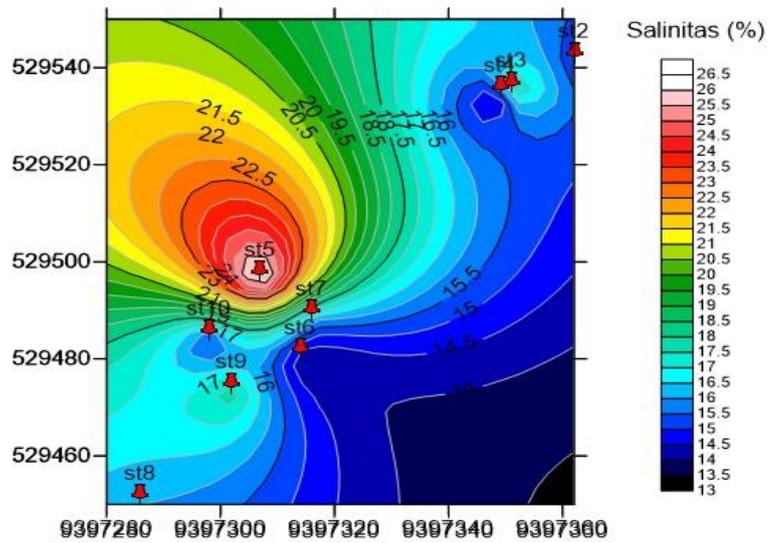
Gambar 6. Profil lintasan 4 GPR.



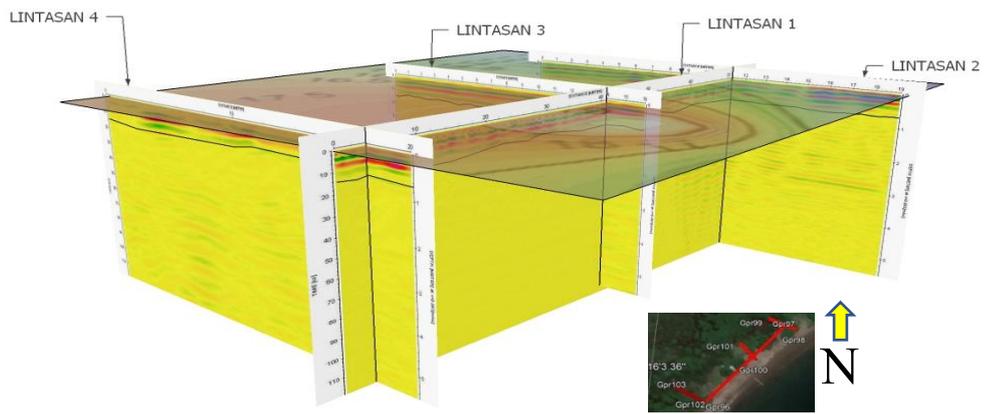
Gambar 7 Distribusi salinitas pada kedalaman 30 cm.



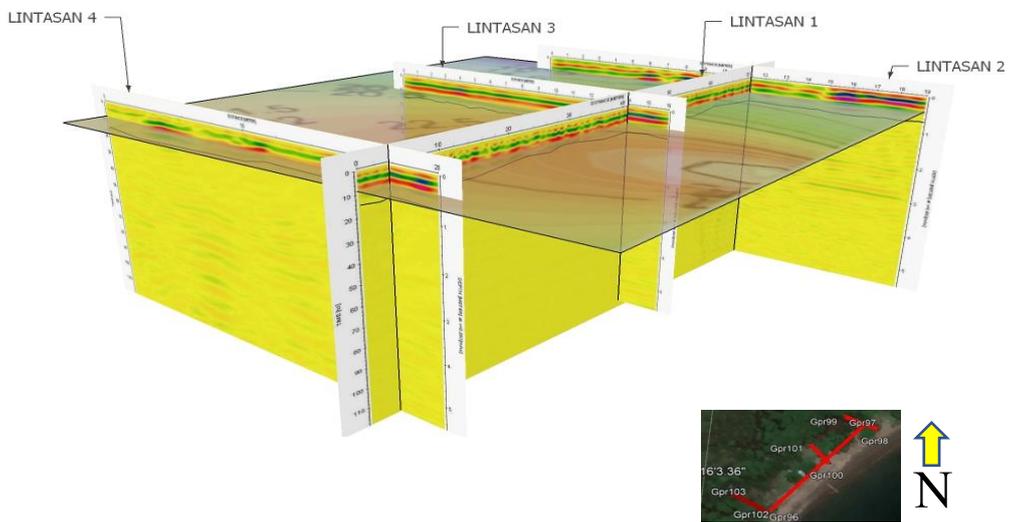
Gambar 8 Distribusi salinitas pada kedalaman 40 cm.



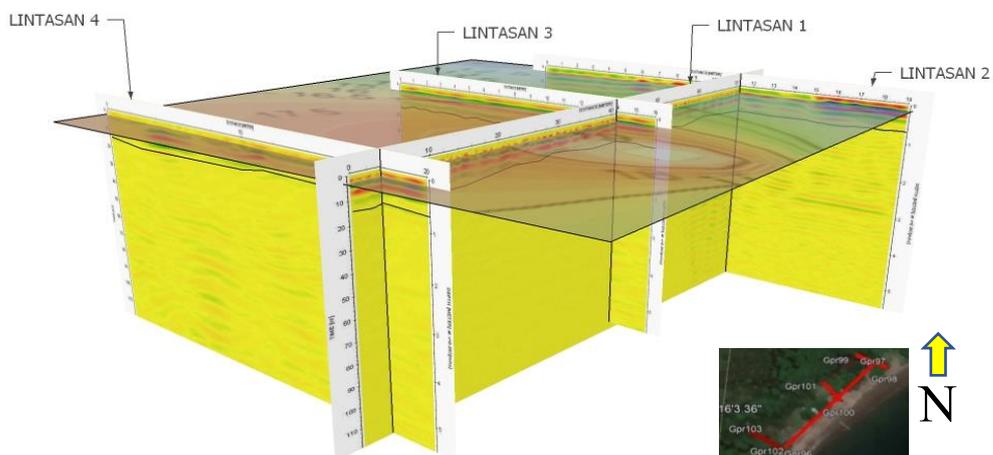
Gambar 9 Distribusi salinitas pada kedalaman 50 cm.



Gambar 10 *Crosssection* data GPR dengan salinitas kedalaman 30 cm.



Gambar 11. *Crosssection* data GPR dengan salinitas kedalaman 40 cm



Gambar 12. *Crosssection* data GPR dengan salinitas kedalaman 50 cm.