



IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN TANAH MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK DAN CITRA SENTINEL 1 DIPANTAI BATU BADAUN DESA SIKAPAS KABUPATEN MANDAILING NATAL

Leorina Pane dan Togi Tampubolon

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan

leorinapane@gmail.com, topartam@gmail.com

Diterima: April 2021. Disetujui: Mei 2021. Dipublikasikan: Juni 2021

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian struktur bawah permukaan tanah menggunakan metode geolistrik dan citra sentinel-1 di pantai batu badaun desa sikapas mandiling natal terletak pada koordinat 0 01 13'10" lintang Utara dan 98 0 51'49" bujur timur terletak pada 0-3 meter di atas permukaan laut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur permukaan bawah tanah dengan metode geolistrik dan citra sentinel-1 kemudian perbedaan metode tersebut. Metode geolistrik menggunakan alat geolistrik (Resistivity meter) ARES- G4 v4,7 SN : 0609135 diperoleh data berupa nilai resistivitas yaitu berkisar dari 1,41 Ωm sampai dengan 9,39 Ωm pada lintasan I dan 0,768 $\text{m}\Omega$ sampai dengan 2,48 $\text{m}\Omega$ pada lintasan II berdasarkan nilai resistivitas struktur bawah permukaan pada daerah penelitian berupa air tanah, lempung, pasir dan krikil yang terendam air laut. Metode penginderaan jauh menggunakan data sentinel-1 type GRD diketahui hasil dari intrespretasi melalui software SNAP dan ARGICS bahwa Struktur bawah permukaan yang ada didaerah penelitian yaitu Alluvium Muda Dan Alluvium Tua disekitarnya pada kedalaman 0-10 meter, dimana Alluvium Muda merupakan endapan yang terdiri dari lempung, lanau, krikil licin, sisa-sisa tumbuhan rawa gambut. Hasil yang diperoleh melalui metode geolistrik dan citra sentinel 1 dilokasi penelitian dengan titik GPS Lat : 01°13'05.56"N Long : 098°51'54.70"E dengan kedalaman 1-10 meter memiliki kesamaan hasil dalam mengetahui struktur permukaan bawah tanah yang mana hasil yang diperoleh struktur bawah permukaan tanah dilokasi tersebut berupa air tanah, lempung, lanau dan krikil licin.

Kata Kunci: Geolistrik, Sentinel 1, Litologi batuan

ABSTRACT

Research on the subsurface structure has been carried out using the geoelectric method and sentinel-1 imagery on Batu Badaun beach, Attitudes Mandiling Natal Village, located at coordinates 0 01 13'10" north latitude and 98 0 51'49" east longitude, located at 0-3 meters in above sea level. This study aims to determine the underground surface structure using the geoelectric method and sentinel-1 imagery and then the differences in these methods. The geoelectric method using a geoelectrical device (Resistivity meter) ARES-G4 v4.7 SN: 0609135 obtained data in the form of resistivity values, which range from 1.41 Ωm to 9.39 Ωm on line I and 0.768 Ωm to 2.48 $\text{m}\Omega$ on track II based on the resistivity value of subsurface structures in the study area in the form of groundwater, clay, sand, and

gravel submerged in seawater. The remote sensing method using sentinel-1 type GRD data is known as a result of interpretation through SNAP and ARGICS software that the subsurface structures in the study area are Young Alluvium and Old Alluvium around it at a depth of 0-10 meters, where Young Alluvium is a sediment consisting of clay, silt, slippery gravel, remnants of peat swamp plants. The results obtained through the geoelectric method and sentinel imagery 1 at the research location with the GPS point Lat: 01°13'05.56" N Long: 098°51'54.70" E with a depth of 1-10 meters have the same results in knowing which underground surface structure the results obtained by the subsurface structure of the soil in the form of groundwater, clay, silt, and slippery gravel.

Keywords: Geoelectric, Sentinel 1, Rock lithology

PENDAHULUAN

Sumatera utara secara georafis terletak pada 1° - 4° Lintang Utara dan 98° - 100° Bujur Timur, luas daratan pada provinsi sumatera utara yaitu 72.981,23 km². Dan selebihnya terdiri dari wilayah dataran rendah, dataran tinggi dan wilayah daerah pantai sampai pegunungan bukit barisan yang membujur ditengah tengah dari utara ke selatan. Secara Geologis sumatera Utara memiliki Struktur dan batuan yang kompleks yang telah beberapa kali mengalami tumbukan dari proses tektonik karena posisinya terletak di pertemuan lempeng Euroasia disebelah timur dan Lempeng Australia disebelah barat (Bappenas,2016).

Kabupaten Mandailing Natal merupakan salah satu kabupaten di Sumatera Utara, yang berada dikawasan pantai barat provinsi sumatera utara. Geografis Kabupaten Mandailing Natal terletak pada 0°10'-1°50' Lintang Utara dan 98°10'100°10' Bujur Timur dengan rentang ketinggian 0-2.145 m di atas permukaan laut (dpl). Kabupaten mandailing natal memiliki topografi yang terdiri pegunungan dan perbukitan dibeberapa kecamatan dan juga wilayah pesisir atau daerah pantai dikecamatan Batahan, Natal dan Muara Batang Gadis (BPS Mandailing Natal,2016).

Pantai batu badaun merupakan wisata baru yang berada di desa sikapas kecamatan muara batang gadis kabupaten Mandailing Natal yang memiliki potensi tinggi untuk dikembangkan sebagai destinasi wisata dengan

memperhatikan keadaan kondisi Geologi daerah tersebut, hal ini dapat dilakukan dengan Penyelidikan geologi suatu wilayah dengan tujuan untuk memperoleh informasi mengenai kondisi geologi pada suatu wilayah, terutama terkait kondisi litologi penyusunnya yang terdapat di wilayah tersebut.

Identifikasi litologi sangat penting untuk penyelidikan geologi dan sumber daya mineral eksplorasi. Informasi yang akurat tentang litologi memberikan dasar yang mendalam mengetahui kondisi atau bentuk geologi suatu daerah. Cara tradisional untuk membedakan litologi biasanya berdasarkan penyelidikan lapangan dan percobaan laboratorium, memerlukan waktu dan biaya yang lebih banyak. Teknologi penginderaan jauh memungkinkan untuk mengidentifikasi litologi pada skala besar skala secara efisien dan tepat waktu.

Teknologi penginderaan jauh aktif atau radar merupakan salah satu solusi yang baik untuk diterapkan dalam bidang geologi yang dimana geologi di Indonesia merupakan sesuatu yang perlu diteliti dengan baik karena memiliki peran penting bagi penataan ruang mulai dari perencanaan, pembangunan dan evaluasi. Dalam perolehan informasi geologi diperlukan data dengan tingkat kedetilan yang tinggi dan cara pengolahan yang baik untuk menghasilkan informasi geologi yang lengkap. Mengikuti perkembangan teknologi dalam mengatasi permasalahan tersebut(Budi et al., 2019).

Satelit Sentinel-1 adalah satelit asal Eropa yang dimana merupakan satelit pertama dari total 6 misi satelit yang diluncurkan untuk kegiatan Europe's Copernicus Program. Program ini sebelumnya dinamakan dengan GMES (Global Monitoring for Environment and Security), dipimpin oleh European Union dan European Space Agency (ESA) dimana ESA bertanggung jawab terhadap komponen luar angkasa. Global Monitoring for Environment and Security (GMES) merupakan program ambisius Eropa untuk kegiatan operasional observasi bumi yang mana akan dibuat secara global, baik secara waktu dan akses untuk kemudahan mendapatkan informasi di bidang aplikasi major seperti daratan, atmosfer, kelautan, respon darurat bencana, perubahan iklim dan keamanan (Amriyah et al., 2019).

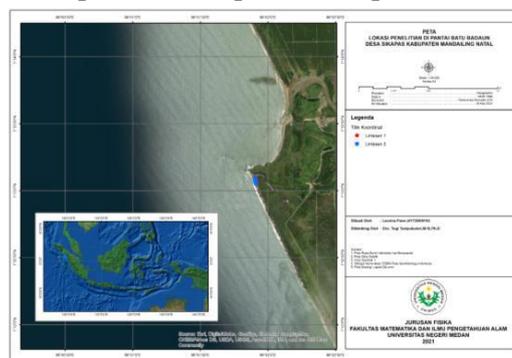
Metode Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi untuk mengetahui lapisan batuan bawah permukaan bumi. Metode geolistrik memiliki berbagai jenis, salah satunya adalah metode geolistrik tahanan jenis (resistivitas). Pengujian geolistrik memiliki tujuan untuk menentukan distribusi resistivitas bawah permukaan tanah dengan melakukan pengukuran pada permukaan tanah. Pengukuran resistivitas dilakukan dengan cara mengalirkan arus ke dalam tanah melalui dua elektroda arus dan mengukur beda tegangan yang dihasilkan pada dua elektroda potensial. Sehingga, resistivitas bawah permukaan dapat diperkirakan. (Railasha et al., 2015).

Metode geolistrik konfigurasi Schlumberger merupakan metode yang paling sering digunakan untuk mengetahui nilai ketebalan dan tahanan jenis batuan bawah permukaan. keunggulan dari konfigurasi Schlumberger memiliki kemampuan untuk mendeteksi adanya nonhomogenitas lapisan batuan pada permukaan, yaitu dengan membandingkan nilai resistivitas semu ketika terjadi perubahan jarak elektroda arus sedangkan Konfigurasi ini memiliki kelemahan pada pembacaan tegangan pada elektroda potensial

lebih kecil terutama jika jarak arus yang relatif jauh. (Alfaiz & Hutahaean, 2017).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Pantai batu badaun Desa Sikapas Kabupaten Mandailing Natal yang secara geografis terletak pada koordinat 01°13'10" lintang Utara dan 98°51'49" bujur timur dan Proses analisis citra dilakukan di Laboratorium Fisika, Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Negeri Medan. Penelitian telah dilaksanakan pada bulan februari – mei 2021. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian dilihat dari Google Earth.

Alat-alat yang dipergunakan pada penelitian ini adalah GPS, Komputer/Laptop, Kamera Digital, Alat Tulis, Geolistrik Resistivitas, Kompas, Elektroda, Kabel, Palu, dan Meteran. Sedangkan bahan penelitian berupa data citra sentinel-1 tahun 2020 data atribut berupa peta rupa bumi Sumatera Utara dan peta geologi kabupaten Mandailing Natal

Teknik analisis data menggunakan penginderaan jauh yakni melakukan pengolahan data menggunakan aplikasi SNAP lalu melakukan analisis data menggunakan ArcGIS 10.1. Teknik analisis data menggunakan Geolistrik dilakukan pengambilan data dilapangan menggunakan ARES-G4 v4, SN: 0609135 kemudian data disimpan pada alat. Kemudian dilanjutkan dengan pengolahan data menggunakan Res2divn, Res2divn adalah perangkat lunak dari geolistrik yang digunakan untuk melakukan pengolahan data dari geolistrik. Data diolah dalam Res2divn,

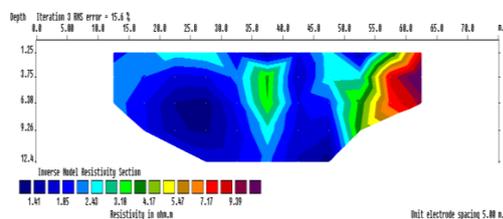
didapatkan data berupa nilai resistivitas, kedalaman dan jarak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan penelitian dilapangan maka didapatkan hasil data nilai resistivitas dari setiap titik koordinat menggunakan alat geolistrik dan data diolah menggunakan aplikasi software RES2DIVN untuk mengetahui struktur bawah permukaan tanah yang ada dipantai batu badaun desa sikapas mandailing natal.

1. Analisa dan Pembahasan Data Geolistrik Lintasan I

Lintasan pertama berada pada koordinat Lat : 01°13'05.56"N dan Long: 098°51'54.70"E dengan ketinggian ± 3 mdpl. Data yang diperoleh dengan menggunakan alat Geolistrik (Resistivity Meter) adalah nilai resistivitas semu bervariasi karena struktur bawah tanah sangat bervariasi, nilainya berkisar antara 1,41 - 9,39 ohmmeter. Pada panjang lintasan 75 meter dengan jarak tiap elektroda 5 meter setelah diinversikan dengan Software Res2Dinv diperoleh gambar penampang seperti gambar 2 :



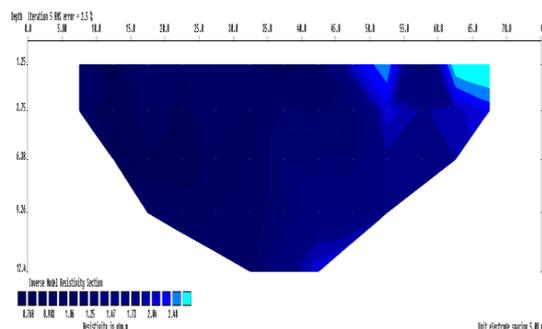
Gambar 2. Kontur sounding resistivitas lintasan I.

Hasil pengukuran data geolistrik didaerah penelitian pantai Badaun desa Sikapas memiliki Hasil penampang kontur resistivitas pada lintasan pertama memiliki nilai resistivitas yang berbeda. Warna biru pada kedalaman 1,25 meter hingga 12,4 meter memiliki resistivitas rendah yaitu 1,41 Ωm s/d 2,43 Ωm merupakan Lapisan air tanah, lempung, pasir dan kerikil yang terendam air laut. Warna Hijau pada kedalaman 1,25 meter hingga 9,26 meter memiliki resistivitas 3,18 Ωm s/d 4,17 Ωm merupakan Lapisan air tanah, lempung, pasir dan kerikil yang terendam air laut. Warna kuning, coklat dan orange pada kedalaman

1,25 meter hingga 9,26 meter dengan nilai resistivitas 5,47 Ωm s/d 7,09 Ωm memiliki lapisan berupa Lapisan air tanah, pasir dan lempung. warna merah dan ungu memiliki nilai resistivitas tertinggi pada kisaran antara 7,17 Ωm s/d 9,39 Ωm dengan kedalaman 1,25 meter sampai 6,38 meter berupa Lapisan air tanah, pasir dan lempung. Nilai resistivitas ini dipengaruhi oleh faktor pengukuran, dimana semakin dekat pengukuran dengan garis pantai maka semakin rendah atau kecil nilai resistivitasnya dan semakin jauh pengukuran dengan garis pantai maka nilai resistivitasnya semakin tinggi atau besar. (Hasibuan, fitrikayanti , 2013).

2. Lintasan II

Lintasan Kedua berada pada koordinat Lat: 01°13'05.54"N dan Long: 098°51'54.25"E dengan ketinggian ± 3 mdpl. Data yang diperoleh dengan menggunakan alat Geolistrik (Resistivity Meter) adalah nilai resistivitas semu bervariasi karena struktur bawah tanah sangat bervariasi, nilainya berkisar antara 0,768 - 2,40 ohmmeter Pada panjang lintasan 75 meter dengan jarak tiap elektroda 5 meter setelah diinversikan dengan Software Res2Dinv diperoleh gambar penampang seperti gambar 3 :



Gambar 3. Kontur Sounding resistivitas lintasan II.

Pada gambar 3 menunjukkan penampang kontur resistivitas pada lintasan kedua, setiap warna memiliki nilai resistivitas yang berbeda. Lapisan yang memiliki nilai resistivitas rendah terletak pada kedalaman 1,25 m -12,4 m sepanjang bentangan memiliki nilai resistivitas 0,768 - 1,73 ohmmeter seperti pada gambar 3. lapisan

yang memiliki nilai terendah menunjukkan adanya anomali karena adanya nilai resistivitas yang cukup kecil diantara lapisan yang lain dan memungkinkan bahwa lapisan yang memiliki nilai resistivitas terendah adalah air yang merupakan tercemar air laut menembus lapisan batuan sehingga terjadi intrusi air laut.

Berdasarkan hasil penampang kontur Hasil Pengukuran data geolistrik pada lintasan kedua memiliki nilai resistivitas yang berbeda. Warna biru tua pada kedalaman 1,25 meter hingga 12,4 meter memiliki resistivitas rendah yaitu 0,768 Ωm - 1,73 Ωm merupakan Lapisan air tanah, lempung, pasir yang terendam air laut. Warna biru terang pada kedalaman 1,25 meter hingga 12,4 meter memiliki resistivitas 2,02 Ωm - 2,04 Ωm merupakan Lapisan air tanah, lempung, dan kerikil yang terendam air laut. Warna biru, biru muda dan biru tosca pada kedalaman 1,25 meter hingga 3,75 meter dengan nilai resistivitas 2,20 Ωm s/d 2,40 Ωm memiliki lapisan berupa Lapisan air tanah, lempung, pasir dan kerikil yang terendam air laut.

3. Hasil Interpretasi dengan Software Res2dinv

Lintasan I yang diperoleh menggunakan geolistrik pada Gambar 4 menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki nilai resistivitas berkisaran antara 1,41 Ωm s/d 9,39 Ωm pada kedalaman 1,25 meter hingga 12,4 meter diinterpretasikan berupa air tanah, lempung, pasir dan kerikil yang terendam air laut. Daerah penelitian merupakan kawasan pantai yang dapat menyebabkan air laut lebih mudah menyusup, Intrusi merupakan penyusupan air asin ke dalam akuifer di daratan pada dasarnya merupakan proses masuknya air laut di bawah permukaan tanah melalui akuifer di daratan atau daerah pantai. (Rahmadani dan Juliani, 2019). Intrusi yaitu proses terdesaknya air bawah tanah tawar oleh air laut di dalam akuifer pada daerah pantai (Hendrayana, 2002). Akuifer disebabkan oleh batu pasir dimana batuan yang memiliki celah-celah atau rongga sehingga biasa diisi

oleh air dan juga dapat bergerak melalui celah-celah rongga tersebut situmorang dan panjaitan, 2016)

Lintasan II setelah dilakukan pengukuran menggunakan geolistrik dan diinterpretasikan menggunakan RES2DIVN maka diperoleh pada gambar 4.2 menyatakan bahwa daerah penelitian memiliki nilai resistivitas pada kisaran 0,768 Ωm s/d 2,40 Ωm dengan kedalaman 1,25 meter hingga 12,4 meter diinterpretasikan sebagai air tanah, lempung, pasir dan kerikil yang terendam air laut, lintasan II memiliki nilai resistivitas yang lebih rendah dari lintasan I hal ini disebabkan pengukuran lintasan II lebih dekat dengan pesisir pantai, Nilai resistivitas ini dipengaruhi oleh faktor pengukuran, dimana semakin dekat pengukuran dengan garis pantai maka semakin rendah atau kecil nilai resistivitasnya dan semakin jauh pengukuran dengan garis pantai maka nilai resistivitasnya semakin tinggi atau besar. (Hasibuan, fitrikayanti, 2013). Daerah penelitian memiliki nilai resistivitas yang rendah juga disebabkan daerah tersebut merupakan daerah pesisir pantai dan berporipori batuan berisi air laut yang larutan konduktif. (Rahmadani dan Juliani, 2019), Daerah penelitian Berdasarkan Peta Geologi Diketahui Bahwa Daerah Pantai Badaun Desa Sikapas merupakan endapan alluvium muda (Qh).

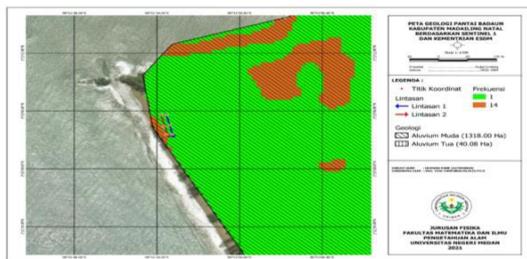
4. Hasil Citra Sentinel-1

Penelitian ini menggunakan data sentinel 1 type GRD dengan polarisasi VV, data dapat diperoleh melalui web resmi <https://scihub.copernicus.eu/>, setelah dilakukan pengunduhan data maka akan dilakukan pengolahan data menggunakan Platform Aplikasi Sentinel (SNAP) dari ESA (Badan Antariksa Eropa).

Data yang diunduh berupa data S1A_IW_GRDH_ISDV_20200727T114201_20200727T114226 dengan titik koordinat 01°13'05.56"N dan Long: 098°51'54.70"E. selanjutnya dilakukan pengolahan data menggunakan aplikasi SNAP dan ArGics.

Hasil dari penelitian menggunakan citra sentinel-1 berupa peta sebaran litologi di daerah Pesisir Pantai Badaun Desa Sikapas menggunakan SNAP dan ArcGis diperoleh bahwa daerah penelitian didominasi oleh Alluvium Muda dan ada juga terdapat Alluvium Tua.

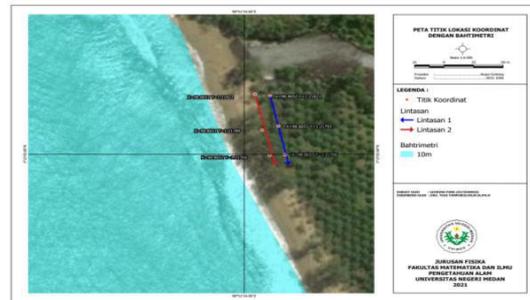
Pada lokasi penelitian di Peta Geologi Lembar padang sidempuan dan sibolga, Sumatera. Formasi batuan yang menyusun daerah penelitian dan sekitarnya didominasi oleh Endapan Alluvium yang terdiri dari lanau, pasir dan kerikil. Endapan tersebut tersebar luas hampir di seluruh pesisir. Pada penelitian ini menggunakan data sentinel 1 type GRD dimana type data terdiri dari data SAR yang telah terdeteksi ini dapat mengurangi efek vegetasi, karena data yang diperlukan litologi sebab data SAR menunjukkan potensi besar dalam pemetaan struktural, litologi, dan penyelidikan geologi. (yi lu, dkk, 2021).



Gambar 4. Peta Sebaran Litologi dipantai Batu Badaun.

Hasil analisis litologi batuan pada gambar 4 memberikan gambaran berupa sebaran litologi pada pantai batu badaun berupa Alluvium muda dan alluvium Tua Pada penelitian menggunakan citra sentinel 1 luasan wilayah digunakan cukup luas hingga diperoleh sebaran litologi alluvium muda sekitaran 1318,00 Ha (pada frekuensi 1) dan untuk alluvium tua berada pada luasan 40,08 Ha, (pada frekuensi 14). Hasil dari penelitian menggunakan citra sentinel-1 yang menyatakan bahwa daerah penelitian memiliki sebaran litologi berupa alluvium muda dan alluvium tua namun untuk memperkuat hasil penelitian dilakukan pencocokan data yang ada pada kementerian

ESDM (Energi Sumber Daya Mineral), dimana bahwa litologi yang terdapat pada daerah penelitian merupakan alluvium muda, dimana endapan alluvium muda merupakan terdiri dari lempung, lanau, krikil licin, sisasisa tumbuhan rawa gambut (shahnaz, dkk, 2020).



Gambar 5. Peta Bathrimetri.

Gambar 5 menunjukan bahwa litologi didaerah Pantai Badaun Desa Sikapas merupakan alluvium dengan bathymetri 1-10 meter dimana alluvium biasanya terdapat pada daerah yang tergenang air, seperti aliran sungai, pesisir pantai dan dataran rendah, keadaan sensor citra sentinel-1 dapat memdeteksi kedalaman menggunakan bathymetri. Citra sentinel-1 hanya mampu menjangkau hingga kedalaman 10 meter hal ini disebabkan karena sensor beroperasi dari jarak jauh sehingga berbeda dengan metode lain yang mampu mengidentifikasi struktur bawah permukaan lebih dalam hingga 100 meter.

KESIMPULAN DAN SARAN

Struktur bawah permukaan tanah yang diperoleh menggunakan metode geolistrik pada pantai Badaun Desa Sikapas yaitu didominasi oleh air tanah, lempung, pasir dan krikil yang terendam air laut. Dengan nilai resistivitas lintasan I yaitu bernilai 1,41 m Ω sampai dengan 9,39 Ω m pada lintasan II nilai resistivitas berkisaran 0,768 Ω m s/d 2,40 Ω m dikedalaman 1,25 m -12,4.

Struktur bawah permukaan dikawasan Pantai Badaun Desa Sikapas menggunakan Citra Sentinel-1 diperoleh berupa batuan Alluvium Muda yang terdiri dari lempung,

lanau, krikil licin, sisa-sisa tumbuhan rawa gambut dan terdapat juga alluvium Tua disekitarnya.

Metode Geolistrik dan Citra Sentinel -1 memiliki perbedaan dalam mengidentifikasi struktur bahwa permukaan tanah. Metode geolistrik menggunakan alat geolistrik yang dilakukan secara langsung dilokasi penelitian kemudian data didapatkan dan diinterpretasikan menggunakan aplikasi RES2DIVN sedangkan citra sentinel 1 menggunakan radar atau satelit penginderaan jauh yang dimana data citra sentinel 1 diperoleh dengan mendownload pada situs web copernicus secara gratis dan tanpa kelokasi penelitian dan pengolahan data dilakukan dengan aplikasi SNAP dan Hasil yang diperoleh melalui metode geolistrik dan citra sentinel 1 dilokasi penelitian dengan titik GPS yang sama dengan kedalaman 110 meter memiliki kesamaan hasil dalam mengetahui struktur permukaan bahwa tanah yang mana hasil yang diperoleh dilokasi tersebut berupa air tanah, lempung, lanau dan krikil licin.

Untuk citra sentinel 1 diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dalam mengidentifikasi struktur bahwa permukaan tanah. Dalam mengidentifikasi struktur bawah tanah metode geolistrik merupakan data utama yang dapat digunakan sedangkan untuk citra satelit dapat digunakan sebagai data pembanding untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfaiz, A.A, & Hutahaean, J. (2017). Penentuan Lapisan keras untuk kelayakan pembangunan gedung bertingkat menggunakan metode geolistrik resistivitas dipesisir pantai kahona kabupaten tapanuli tengah. *EINSTEIN*, 1(1).
- Amriyah, Q., Arief, R., Dyatmika., H, & Maulana, R. (2019). Analysis of Comparison of Level-1 Data Sentinel 1A / B (SLC and GRD Data) Using SNAP and GAMMA Software. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh Ke-6 Tahun 2019 Analisis*, 533–543.
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas). (2016). *Profil Pembangunan Sumatera Utara*, BAPPENAS, Jakarta.
- Budi, M., Hartono, H., & Mardiatno, D. (2019). Variasi Teknik Synthetic Aperture Radar (SAR) Untuk Rekonstruksi Geologi. *Journal of Archive in Civil Engineering and Planning*, E-ISSN: 26(2), 95–106.
- Dewi IK, MZ Nasri, Resta IL, Juventa J. (2020) . Identifikasi Pencemaran Akibat Lahan Gambut pada Desa Sungai Terap Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-8 Tahun 2020*. 538-549. Palembang. Universitas Sriwijaya (UNSRI).
- Hasibuan, Fitrikyanti. (2013). Studi Intrusi Air Laut Dengan Menggunakan Metode Resistivitas Listrik Konfigurasi Wenner Schlumber Di Kecamatan Pantai Cermin Provinsi Sumatera Utara. *Saintia Fisika*. 3(1).
- Hendrayana. (2002). Intrusi Air Asin Ke Dalam Akuifer di Daratan. *Universitas Gajah Mada : Yogyakarta*.
- Rahmadani N, & Juliani R. (2019). Penentuan Tingkat Intrusi Air Laut Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner Schlumberger Dan Konduktivimeter Di Daerah Situs Kota China. *Jurnal Einstein*. 7(3).
- Railasha, V., Satibi, S., & Nugroho, S. A. (2015). Interpretasi Lapisan Bawah Permukaan Tanah Menggunakan Metode Geolistrik 2-D (Mapping). *Fteknik*, 2, 1–7
- Shahnaz, Noveta Bastira., Budi, Mulijana, & Mohamad Sapari.(2020). Karakteristik Endapan Batu Lempung Pulau Bengkalis, Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau. *Bulletin Of Scientific Contribution Geology*. 18(2).

Leorina Pane dan Togi Tampubolon; Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Dan Citra Sentinel 1 Dipantai Batu Badaun Desa Sikapas Kabupaten Mandailing Natal

- Situmorang, R & Panjaitan. V. (2016). Analisis Intrusi Air Laut Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas 2d Dipole-Dipole Di Desa Deli Kecamatan Medan Belawan. *Jurnal Einstein*. 4(2)
- Telford, W.M., L.P. Geldart, R.E. Sheriff & D.A. Keys. (1990). *Applied geophysics* (2nded.). London. Cambridge University Press.
- Yi Lu., Yang ,Changbao & Zhiguo Meng. (2021). Lithology Discrimination Using Sentinel-1 Dual-pol Data and STRM data, *Remote Sensing*. 13(7). 1280.