

PENENTUAN KONDUKTIVITAS DAN RESISTIVITAS AIR LAUT DENGAN PENGUKURAN TIDAK LANGSUNG

Ahmad Fauzi¹

¹Program Studi Pendidikan Fisika PMIPA FKIP UNS
Surakarta, 57126, Indonesia
fauziuns@gmail.com

Abstrak

Perguruan tinggi dituntut untuk menghasilkan karya intelektual yang inovatif serta lulusan yang unggul dan relevan. Peran perguruan tinggi sangat penting terutama dalam upaya meningkatkan daya saing bangsa. Salah satu peran perguruan tinggi yang sangat strategis adalah menghasilkan sumber daya manusia yang berkualitas tinggi dan mampu beradaptasi dengan perubahan IPTEKS (Ilmu Pengetahuan dan Teknologi). Salah satu faktor yang mempengaruhi rendahnya kualitas pendidikan terutama pendidikan sains di Indonesia adalah banyaknya konsep yang dikembangkan dalam kurikulum tidak berhubungan secara langsung dengan lingkungan mahasiswa sehingga ketika pertama kali diperkenalkan dengan konsep-konsep dan aplikasi konsep-konsep tersebut mahasiswa merasa asing. Di era sekarang ini, kehidupan masyarakat banyak dipengaruhi oleh sains dan teknologi. Banyak permasalahan yang muncul dalam kehidupan sehari-hari memerlukan informasi ilmiah untuk memecahkannya. Oleh karena itu, literasi sains menjadi kebutuhan setiap manusia agar memiliki kemampuan yang lebih tinggi untuk menyesuaikan diri dengan dinamika kehidupan. Fisika sebagai salah satu bagian dari sains sangat penting perannya dalam pemecahan berbagai masalah dalam masyarakat. Biasanya informasi ilmiah diperoleh dari berbagai pengukuran baik pengukuran langsung maupun tidak langsung. Konduktivitas dan resistivitas air laut merupakan suatu besaran fisika yang cukup sulit ditentukan dengan pengukuran secara langsung. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengukur konduktivitas dan resistivitas air laut adalah dengan melakukan pengukuran secara tidak langsung yakni dengan menggunakan beberapa besaran Fisika yang secara tidak langsung berhubungan dengan besaran konduktivitas dan resistivitas air laut namun besaran-besaran tersebut merupakan penjabaran dari hubungan persamaan konduktivitas dan resistivitas air laut.

Kata kunci: Pengukuran tidak langsung, konduktivitas, resistivitas.

* Corresponding author.

E-mail address: author1@yahoo.com

I. Pendahuluan

Fisika adalah ilmu yang mengkaji interaksi antara energi dan materi yang menjadi dasar bagi ilmu pengetahuan alam dan teknologi. Dalam pembelajaran fisika di perguruan tinggi, mahasiswa diharapkan tidak hanya menguasai konsep-konsep fisika secara teori tetapi juga harus mampu menggunakan metode ilmiah untuk membuktikan konsep-konsep fisika yang didapat dari teori tersebut. Fisika merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan alam yang secara khusus menggambarkan gejala-gejala alam yang ada secara kuantitatif. Penyajian secara kuantitatif

lebih menguntungkan karena lebih bersifat obyektif sehingga perbedaan pendapat dan kesalahpahaman menafsirkan sesuatu hal dapat dihindari. Pengukuran besaran-besaran yang diselidiki harus dilakukan agar dapat menampilkan hasil secara kuantitatif.

Listrik magnet merupakan mata kuliah wajib yang harus di tempuh mahasiswa baik untuk mahasiswa Pendidikan Fisika maupun mahasiswa Fisika murni. Kajian listrik magnet yang membahas topik-topik tentang kelistrikan dan kemagnetan dengan menggunakan persamaan matematis yang cukup kompleks sering menyebabkan kesulitan mahasiswa dalam memahami

konsep fisiknya. Selain itu banyaknya konsep fisika yang disajikan dalam persamaan matematis yang cukup kompleks juga dapat menyebabkan mahasiswa kurang optimal dalam mempelajari listrik dan magnet yang disebabkan karena rendahnya motivasi mahasiswa untuk belajar. Oleh karena itu dipandang perlu untuk meningkatkan motivasi belajar mahasiswa dengan cara membuka cakrawala pengetahuan mahasiswa bahwa dibalik rumitnya persamaan matematis dan dalamnya konsep yang dipelajari, konsep tentang listrik dan magnet sangat berguna dalam bidang teknologi. Dalam makalah ini akan dibahas tentang bagaimanakah memanfaatkan konsep-konsep listrik dan magnet untuk memecahkan permasalahan tentang penentuan konduktivitas dan resistivitas air laut dengan menggunakan pengukuran tidak langsung. Dengan demikian diharapkan selain memahami konsep fisiknya, mahasiswa juga memahami tentang pengukuran tidak langsung yang sering digunakan dalam bidang fisika.

II. Pembahasan

Untuk menggerakkan muatan listrik di dalam bahan konduktor dibutuhkan gaya pendorong yang disebut sebagai gaya gerak listrik. Untuk konduktor berlaku hubungan linear antara rapat arus \mathbf{J} dengan gaya persatuan muatan \mathbf{f} yang secara matematis dirumuskan

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{f} \quad \dots(1)$$

dengan:

σ = konduktivitas listrik bahan (siemens $(\Omega \text{ m})^{-1}$)

$\frac{1}{\sigma}$ = resistivitas/ hambat jenis bahan (Ωm).

Konduktivitas listrik ini berkaitan dengan konduksi listrik, yaitu gerakan muatan listrik yang terus-menerus menghasilkan arus listrik.

Arus listrik (I) didefinisikan sebagai perubahan muatan yang pindah melewati

suatu titik per satuan waktu di dalam sistem yang berkonduksi. Arus listrik disebabkan adanya medan listrik \mathbf{E} dimana arus listrik mengalir searah dengan medan listrik. Dalam pembahasan tentang arus listrik dikenal istilah rapat arus (\mathbf{J}) yang menyatakan besarnya arus yang melewati luas penampang (A). secara matematis rapat arus listrik dinyatakan dalam persamaan

$$\vec{J} = \frac{I}{A} \quad \dots(2)$$

dengan:

J = rapat arus (A/m^2)

A = luas penampang (m^2)

I = arus listrik (A)

Konduktivitas σ di dalam suatu bahan homogen akan mengakibatkan arus listriknya mantap, yaitu aliran muatan yang berkesinambungan terus-menerus, artinya arus tidak pernah bertambah besar, berkurang ataupun berubah arahnya pada suatu titik, sehingga berlaku ketentuan:

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{1}{\sigma} \quad \dots(3)$$

dan

$$\nabla \cdot \vec{J} = 0 \quad \dots(4)$$

Berdasarkan persamaan (3) dan (4) di atas dapat disimpulkan bahwa rapat muatan ρ pada setiap titik di dalam bahan adalah nol. Artinya jika seandainya arus tidak konstan sepanjang konduktor, maka akan terjadi penumpukan muatan listrik. Gaya yang menggerakkan muatan yang akan menimbulkan arus listrik dapat berasal dari proses kimia, maupun gravitasi. Secara umum gaya ini berupa gaya elektromagnetik sehingga persamaan rapat arus sering dinyatakan sebagai

$$\mathbf{J} = \sigma (\mathbf{E} + \mathbf{v} + \mathbf{B}) \quad \dots(5)$$

karena kecepatan muatan cukup kecil, maka suku kedua dapat diabaikan, sehingga persamaan (5) dapat dituliskan sebagai

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E} \quad \dots(6)$$

Persamaan (6) kemudian dikenal sebagai hukum Ohm (hukum Ohm pada suatu titik). Arus listrik yang mengalir dari satu elektroda ke elektroda lain sebanding dengan perbedaan potensial antara kedua elektroda tersebut yang dapat dinyatakan dalam persamaan

$$V = I R \quad \dots(7)$$

R menyatakan besar hambatan yang nilainya tergantung pada bentuk, susunan dan konduktivitas bahan antara kedua elektroda tersebut.

Secara matematis hubungan antara arus listrik dan rapat arus listrik dinyatakan dengan

$$I = \int \mathbf{J} \cdot d\mathbf{a} \quad \dots(8)$$

$$I = \sigma \int \mathbf{E} \cdot d\mathbf{a} \quad \dots(9)$$

Misalkan terdapat dua titik a dan b dalam medan listrik E, maka beda potensial antara dua titik a dan b secara matematis dinyatakan dengan persamaan

$$V = -\int_b^a \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} \quad \dots(10)$$

berdasarkan persamaan-persamaan (1) sampai (10) dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan antara I, J, R, V, E dan σ , sehingga nilai σ dan R dapat ditentukan berdasarkan hubungan persamaan-persamaan tersebut.

Misalkan terdapat dua kulit bola sepusat terbuat dari logam, masing-masing berjari-jari dalam a dan berjari-jari luar b. Ruang diantaranya diisi oleh bahan dengan konduktivitas (lemah) σ .

Gambar 1. Dua Bola Konduktor Sepusat Berjari-jari a dan b dengan Konduktivitas bahan Pengisi Bola a dan b sebesar σ

Berdasarkan gambar 1, besarnya medan listrik di antara kedua bola a dan b adalah

$$\vec{E} = \frac{Q}{4 \pi \epsilon_0 r^2} \hat{r} \quad \dots(11)$$

sedangkan beda potensial antara kedua bola adalah

$$V = -\int_b^a \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad \dots(12)$$

yang dapat dituliskan sebagai

dengan demikian akan diperoleh

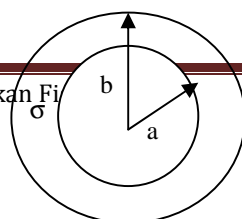
$$V = -\frac{Q}{4 \pi \epsilon_0} \int_b^a \frac{dr}{r^2} \quad \dots(13)$$

$$V = \frac{Q}{4 \pi \epsilon_0} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)$$

dengan memanipulasi persamaan (13) untuk memperoleh nilai Q maka akan diperoleh

$$Q = \frac{4 \pi \epsilon_0 (V(a) - V(b))}{\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)} \quad \dots(14)$$

Beda potensial V antara kedua kulit bola akan menyebabkan adanya arus listrik yang mengalir dari satu bola ke bola lain sebesar



$$I = \int \vec{J} \cdot d\vec{a}$$

$$I = \sigma \int \vec{E} \cdot d\vec{a}$$

...(15)

berdasarkan hukum Gauss maka persamaan (15) dapat dituliskan menjadi

$$I = \sigma \frac{Q}{\epsilon_0}$$

...(16)

dengan mensubstitusikan nilai Q persamaan (14) ke dalam persamaan (16) maka akan diperoleh

$$I = 4\pi\sigma \frac{Va - Vb}{\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b}\right)}$$

...(17)

sedangkan hambatan listrik antara kedua bola dapat diketahui berdasarkan hukum Ohm, yaitu

$$R = \frac{Va - Vb}{I} = \frac{1}{4\pi\sigma} \left(\frac{b-a}{ab}\right)$$

...(18)

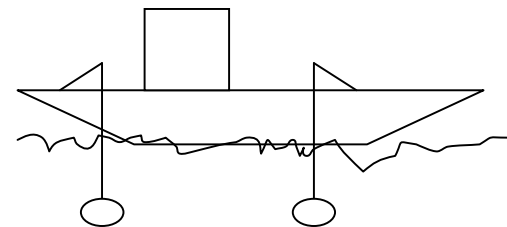
apabila nilai $b \gg a$ maka persamaan (18) dapat dituliskan menjadi

$$R = \frac{1}{4\pi\sigma a}$$

...(19)

dengan R menyatakan hambatan bola (Ω)

Teknik penggunaan persamaan-persamaan di atas untuk menentukan konduktivitas dan resistivitas air laut secara lengkap diuraikan dalam penjelasan berikut.



Laut

Gambar 2.
Dua Bola Konduktor
dengan Jari-jari Masing-masing a

(dipelupkan ke dalam Air Laut) yang di dihubungkan dengan Catu Daya tertentu.

Misalkan terdapat dua bola logam masing-masing berjari-jari a kemudian dimasukkan ke dalam air laut dengan jarak antara kedua bola adalah tertentu, dengan memberikan catu daya dengan daya tertentu maka antara kedua bola tersebut akan timbul beda potensial sebesar V, sedangkan hambatan antara kedua bola tersebut menjadi

$$R = 2 \left(\frac{1}{4\pi\sigma a} \right) = \frac{1}{2\pi\sigma a}$$

...(20)

dan besar kuat arus listrik yang mengalir antara kedua bola adalah

$$I = \frac{V}{R} = 2\pi\sigma a V$$

...(21)

berdasarkan persamaan (21) dengan mengukur nilai I maka nilai konduktivitas dan resistivitas air laut dapat ditentukan. Apabila nilai konduktivitas σ dimasukkan pada persamaan (20) maka juga akan dapat ditentukan nilai hambatan air laut yang satuannya dinyatakan dalam Ω .

III. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Konduktivitas dan resistivitas air laut dapat ditentukan dengan menggunakan teknik pengukuran tidak langsung yakni dengan menggunakan konsep potensial listrik dan arus listrik.

Saran

Teknik pengukuran secara tidak langsung seperti pada pengukuran Konduktivitas dan resistivitas air laut dapat diajarkan pada tingkat mahasiswa S-1 yang diharapkan semakin dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa tentang teknik-teknik pengukuran besaran Fisika secara tidak langsung.

IV. Daftar Pustaka

- Griffith, David. 1999. *Introduction to Electrodynamics*. New Jersey : Prentice Hall International.
- Loeksmanto, Waloejo.1993. *Medan Elektromagnet*. Jakarta : Depdiknas
- Muljono dan Sunarto. 2003. *Listrik Magnet Penyelesaian Soal-soal*. Yogyakarta: Andi
- Suyoso,*Listrik Magnet*. Jurusan FMIPA: UNY