



Penentuan Konduktivitas Air Baku Proses Desalinasi Di Baron Teknopark Dengan Metode Regresi Linier

Sukisna¹, Moh. Toifur²

¹SMK Negeri 1 Tanjungsari, Jl. Baron Km 19 Kemadang, Tanjungsari, Gunungkidul, 54881

²Magister Pendidikan Fisika Universitas Ahmad Dahlan Jl. Pramuka 42, Sidikan, Umbulharjo, Yogyakarta, 55161

Email: sukisna82@gmail.com

Abstrak

Penelitian tentang penentuan konduktivitas listrik air baku proses desalinasi menggunakan metode regresi linier di Baron Teknopark BPPT DIY. Penelitian dimulai dengan mengambil lima titik sampel, air laut, sumur peresapan, bak penampungan, hasil proses 1 kali, hasil proses 2 kali. Hambatan sampel air diukur dengan memasukkan kedalam selang, dengan memvariasi panjang selang sehingga ditentukan hubungan hambatan listrik dengan resistivitas serta hubungan resistivitas dengan konduktivitas listrik dengan. Hasil dari perhitungan didapatkan konduktivitas air laut sebesar $(2,81 \pm 5,7 \times 10^{-3})$ S/m, air bak penampungan $(1,76 \pm 3,60 \times 10^{-3})$ S/m, air sumur peresapan $(1,64 \pm 3,3 \times 10^{-3})$ S/m, air hasil proses 1 kali $(0,22 \pm 4,6 \times 10^{-3})$ S/m, air hasil proses 2 kali $(0,03 \pm 6,8 \times 10^{-3})$ S/m. Nilai resistivitas dan nilai konduktivitas merupakan nilai yang saling berbanding terbalik dimana semakin besar nilai resistivitas, semakin kecil nilai konduktivitas. Menurut konsep air sangat murni maka semakin besar nilai resistivitas akan menunjukkan kemurnian air yang semakin tinggi sedangkan semakin kecil nilai resistivitas akan menunjukkan tingkat kemurnian air yang semakin rendah.

Kata kunci : Resistivitas, hubungan antara konduktivitas dan resistivitas, pengukuran berulang

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara tropis yang mempunyai 2 musim, hujan dan kemarau. Ironisnya, perbedaan curah hujan antara musim kemarau dan musim hujan membuat beberapa daerah di Indonesia mengalami kekeringan pada musim kemarau dan banjir pada musim hujan. Salah satu opsi yang menjanjikan untuk mengatasi masalah itu adalah diterapkannya proses pemurnian air laut menjadi air tawar dengan metoda desalinasi untuk daerah-daerah yang rawan kekeringan karena dua pertiga dari kepulauan Indonesia terdiri dari laut. (G.R Sunaryo, 1999)

Salah satu parameter untuk menentukan karakteristik air diantaranya adalah parameter konduktivitas. Penentuan konduktivitas listrik larutan elektrolit, yaitu kemampuan suatu larutan untuk menghantarkan arus listrik. Konduktivitas mempunyai hubungan terbalik dengan tahanan larutan yang bersangkutan. Oleh karena itu pengukuran konduktivitas pada dasarnya dilakukan dengan mengukur tahanan dari larutan.

a. Konduktivitas Listrik

Kerapatan arus dalam kawat (arus per satuan luas penampang) adalah

$$J = \frac{I}{A} = ne\mu E \quad \dots\dots (1)$$

$$J = \sigma E \quad \dots\dots (2)$$

Dengan

$\sigma = ne\mu$ yang dikenal dengan konduktivitas listrik. Konduktivitas listrik adalah kemampuan bahan mengantarkan listrik. Semakin besar konduktivitas maka semakin mudah bahan tersebut menghantarkan listrik.

b. Hubungan konduktivitas dan Resistivitas

Semakin mudah suatu bahan menghantarkan listrik maka semakin besar konduktivitasnya dan semakin kecil resistivitasnya, sebaliknya semakin sulit bahan menghantarkan listrik maka semakin kecil konduktivitasnya dan semakin besar resistivitasnya. Jadi ada hubungan langsung antara konduktivitas dan resistivitas.

$$I = neA\mu \frac{EL}{L} \quad \dots\dots (3)$$

Dengan L adalah panjang kawat dengan anggapan bahwa kuata medan listrik dalam kawat konstan maka EL adalah beda potensial antara dua ujung kawat.

$$I = neA\mu \frac{V}{L} \dots\dots(4)$$

Dengan menggunakan hukum Ohm, $I = V/R$ maka :

$$R = ne\mu \frac{L}{A} \dots\dots(5)$$

$$\rho = \frac{1}{ne\mu} \dots\dots(6)$$

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \dots\dots(7)$$

dimana ρ memiliki satuan ohm-meter ($\Omega.m$). Hambatan pada potongan material yang seragam sebagai

$$R = \rho \frac{L}{A} \dots\dots(8)$$

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengukur hambatan air baku dan hasil proses desalinasi di Baron Teknopark BPPT Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengambilan sampel air dilakukan di 5 titik lokasi sampel yaitu air laut, sumur peresapan, bak penampungan, hasil desalinasi 1 kali proses dan hasil desalinasi 2 kali proses.

Prosedur pengukuran dilakukan dengan menggunakan selang dengan diameter, $d = (4,9 \times 10^{-3} \pm 0,05 \times 10^{-3})m$, Luas penampang, $A = (1,88 \times 10^{-5} \pm 0,038 \times 10^{-5}) m^2$. Panjang selang dibuat dari 0,1 m, 0,2 m, 0,3 m ... 2,5 cm dengan selisih panjang setiap selang sebesar 0,1 m.

Pengukuran hambatan air dilakukan dengan cara memasukkan air sampel ke dalam selang $l_1, l_2, l_3 \dots l_{25}$. kemudian mengukur hambatan air dalam selang menggunakan multimeter. mencatat panjang selang dan hambatan. Langkah tersebut diulangi untuk sampel air yang lain.

a. Metode Pengolahan Data

1) Perhitungan Hambatan Rata-Rata dengan Statistik Pengukuran Berulang.

Pengukuran berulang merupakan pengukuran suatu besaran secara berulang tanpa mengubah setting alat atau parameter. Nilai terbalik dari pengukuran berulang x_i dinyatakan dengan nilai rata-ratanya:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \dots\dots (9)$$

Dengan x_i adalah hasil ukur ke i, n banyaknya pengukuran. Simpangan baku pengukuran berulang dinyatakan dengan

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \dots\dots (10)$$

Sehingga hasil pengukuran berulang dinyatakan dengan :

$$x = \bar{s} \pm s_x \dots\dots(11)$$

2) Penentuan Resistivitas dan Konduktivitas dengan Regresi Linier Berbobot

Dari nilai hambatan rata-rata dan ralatnya dapat ditentukan nilai resistivitas dan konduktivitas dengan metode regresi linier berbobot. Menurut persamaan (8) tentang hambatan jenis suatu material.

$$R = \frac{\rho}{A} l$$

Jika regresi terhadap set data mengikuti garis lurus maka persamaan untuk garis lurus :

$$y = ax + b$$

Hambatan, R dimisalkan y , massa jenis per satuan luas, $\frac{\rho}{A}$

dimisalkan a dan panjang, l dimisalkan x Dengan

$$a = \frac{1}{\Delta} \left(\sum \frac{1}{s_{yi}^2} \sum \frac{x_i y_i}{s_{yi}^2} - \sum \frac{y_i}{s_{yi}^2} \sum \frac{x_i}{s_{yi}^2} \right) \dots (12)$$

$$b = \frac{1}{\Delta} \left(\sum \frac{x_i^2}{s_{yi}^2} \sum \frac{y_i}{s_{yi}^2} - \sum \frac{x_i}{s_{yi}^2} \sum \frac{x_i y_i}{s_{yi}^2} \right) \dots (13)$$

Dan

$$\Delta = \sum \frac{1}{s_{yi}^2} \sum \frac{x_i^2}{s_{yi}^2} - \left(\sum \frac{x_i}{s_{yi}^2} \right)^2 \dots (14)$$

$$s_a = \sqrt{\frac{1}{\Delta} \sum \frac{1}{s_{yi}^2}} \dots (15)$$

$$s_b = \sqrt{\frac{1}{\Delta} \sum \frac{x_i^2}{s_{yi}^2}} \dots (16)$$

maka resistivitas ρ dapat ditentukan dengan persamaan

$$\rho = aA \dots (17)$$

Dimana konduktivitas σ adalah kebalikan dari resistivitas sehingga

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \dots (18)$$

Ralat resistensi dapat ditentukan dengan

$$s_{\rho} = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho}{\partial a} s_a\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial A} s_A\right)^2} \quad \dots\dots (19)$$

$$s_{\rho} = \sqrt{(A s_a)^2 + (a s_A)^2} \quad \dots\dots (20)$$

Ralat konduktivitas dapat ditentukan dengan

$$s_{\sigma} = \sqrt{\left(\frac{\partial \sigma}{\partial \rho} s_{\rho}\right)^2} \quad \dots\dots (21)$$

$$s_{\sigma} = \sqrt{\left(\frac{1}{\rho^2} s_{\rho}\right)^2} \quad \dots\dots (22)$$

$$s_{\sigma} = \frac{1}{\rho^2} s_{\rho} \quad \dots\dots (23)$$

3. Hasil dan Pembahasan

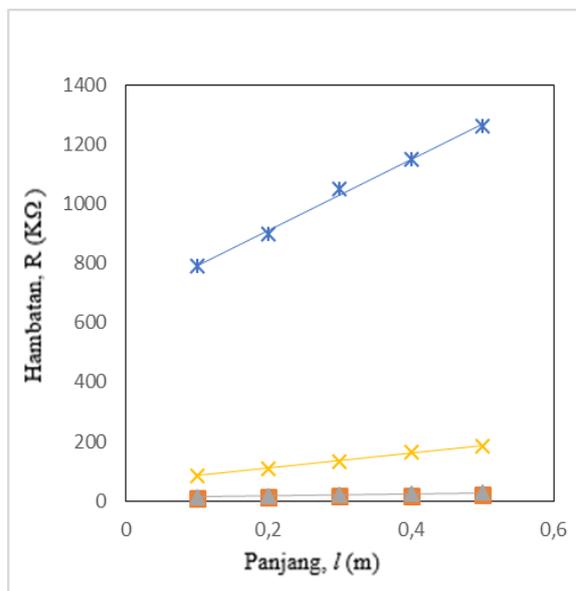
a. Perhitungan Hambatan Rata-Rata

Hambatan rata-rata dari setiap jenis air sampel diambil contoh untuk 5 ukuran panjang selang. Hambatan diukur secara berulang tanpa mengubah setting alat atau parameter. Nilai hambatan dari pengukuran berulang x_i dinyatakan dengan nilai rata-ratanya, $x = \bar{R} \pm s_R$ dihitung menggunakan persamaan (9) dan (10)

Tabel 1. Hambatan rata-rata dari setiap jenis air sampel dan diambil contoh untuk 5 ukuran panjang.

No	Jenis air	Panjang selang, l (m)	Hambatan rata-rata, $\bar{R} \pm S_R$ (Kx Ω)
1	Air Laut	0,1	7,86 \pm 0,10
		0,2	9,90 \pm 0,12
		0,3	12,80 \pm 0,20
		0,4	15,10 \pm 0,12
		0,5	17,62 \pm 0,12
2	Sumur Peresapan	0,1	9,90 \pm 0,24
		0,2	12,10 \pm 0,10
		0,3	15,10 \pm 0,10
		0,4	18,10 \pm 0,19
		0,5	22,60 \pm 0,19
3	Bak	0,1	14,70 \pm 0,20

Penampungan			
4	Proses 1 kali	0,2	17,80 \pm 0,34
		0,3	20,40 \pm 0,19
		0,4	24,48 \pm 0,05
		0,5	27,50 \pm 0,32
		0,1	85,90 \pm 0,46
5	Proses 2 kali	0,2	110 \pm 1,37
		0,3	133 \pm 1,22
		0,4	165 \pm 2,24
		0,5	184 \pm 2,45
		0,1	750 \pm 10,00
		0,2	898 \pm 2,00
		0,3	1050 \pm 15,81
		0,4	1150 \pm 15,81
		0,5	1260 \pm 18,71



Gambar 1. Grafik antara hubungan antara panjang selang, l (m) dengan hambatan, R (K.Ω)

Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran hambatan air proses desalinasi untuk ke lima sampel yang memiliki nilai tertentu yang berbeda untuk masing-masing sampel. Hambatan paling kecil terdapat pada air laut, hambatan yang paling besar terdapat pada air hasil dua kali proses desalinasi. Nilai hambatan semakin meningkat dari sampel air laut, air sumur peresapan, air bak penampungan, air hasil satu kali proses dan air hasil dua kali proses. Hambatan air laut kecil karena banyaknya partikel-partikel anorganik mengandung logam terlarut dalam air.

Gambar 1. Menunjukkan hubungan antara panjang dan hambatan semakin panjang penghantar

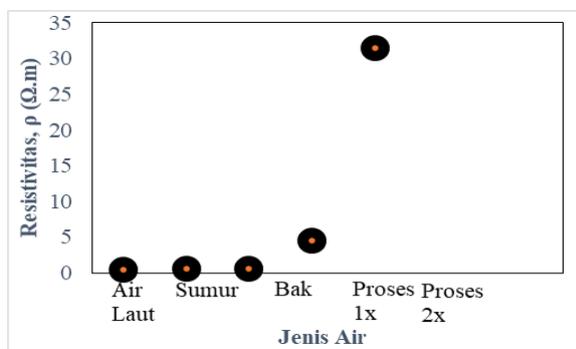
semakin besar nilai hambatan, yang berarti semakin besar nilai resistivitas.

2. Penentuan Resistivitas dan Konduktivitas

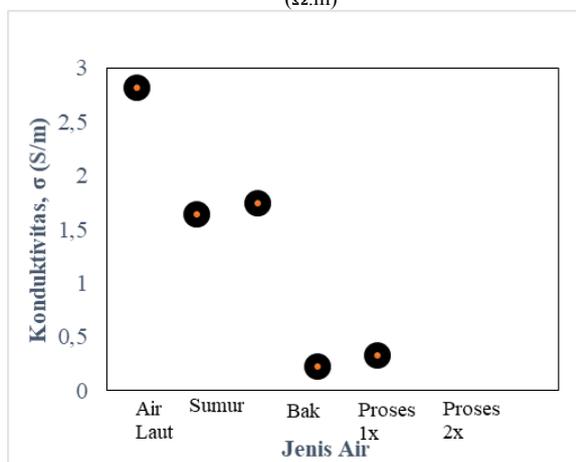
Dari nilai hambatan rata-rata dan ralatnya dapat ditentukan nilai resistivitas dan konduktivitas dengan metode regresi linier berbobot.

Tabel 2. Resistivitas dan konduktivitas air sampel proses desalinasi.

No	Jenis Air	Resistivitas, ρ ($\Omega.m$)	Konduktivitas, σ (S/m)
1.	Air laut	$0,36 \pm 0,07$	$2,81 \pm 0,0057$
2.	Sumur Resapan	$0,61 \pm 0,12$	$1,64 \pm 0,0033$
3.	Bak penampungan	$0,57 \pm 0,12$	$1,76 \pm 0,0036$
4.	Hasil proses 1 kali	$4,49 \pm 0,002$	$0,22 \pm 0,0046$
5.	Hasil Proses 2 kali	$31,4 \pm 0,001$	$0,03 \pm 0,0068$



Gambar 2. Grafik hubungan jenis air, dengan resistivitas, ρ ($\Omega.m$)



Gambar 3. Grafik hubungan jenis air, dengan konduktivitas, σ ($\Omega.m$)⁻¹

Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan nilai resistivitas dan konduktivitas. Resistivitas paling kecil terdapat pada perhitungan sampel air laut sebesar $(0,36 \pm 0,07) \Omega.m$, konduktivitas sebesar $(2,81 \pm 5,7 \times 10^{-3}) S/m$. Resistivitas paling besar terdapat pada perhitungan sampel air 2 kali proses desalinasi sebesar $(31,4 \pm 1 \times 10^{-3}) \Omega.m$, konduktivitas sebesar $(0,03 \pm 6,8 \times 10^{-3}) S/m$.

Nilai resistivitas meningkat dari sampel air laut ke sumur peresapan dan mengalami penurunan dari sumur peresapan ke bak penampungan dan mengalami kenaikan untuk air hasil satu kali proses dan air hasil dua kali proses. Terjadinya peningkatan resistivitas dari air laut ke sumur peresapan dikarenakan terjadi *filter* penyaringan secara alami oleh resapan bebatuan dan tanah saat air laut meresap mengalir ke sumur. Pada bak penampungan terjadi sedikit penurunan resistivitasnya pada bak penampungan air diambil dari sumur dan ditampung untuk beberapa waktu, terjadi akumulasi air dari sumur resapan dan terjadi penguapan yang menyebabkan konsentrasi air pada bak meningkat. Pada proses desalinasi tahap 1 dan 2 terjadi peningkatan resistivitas yang tinggi karena pada tahap ini terjadi peristiwa *reverse osmosis*.

Nilai dari resistivitas tinggi karena sedikit mineral-mineral anorganik mengandung logam dalam air yang dapat menghambat arus listrik untuk mengalir, sehingga daya hantar atau konduktivitas listriknya semakin kecil. Nilai resistivitas maupun konduktivitas sangat dipengaruhi oleh kandungan ion-ion yang terlarut dalam air.

Gambar 2 dan 3 menunjukkan nilai resistivitas dan konduktivitas air pada proses desalinasi. Nilai resistivitas adalah nilai kemampuan air untuk menghambat arus listrik sedangkan nilai konduktivitas atau nilai hantaran adalah nilai kemampuan air untuk menghantarkan arus listrik. Nilai resistivitas air laut kecil karena banyak mineral-mineral anorganik mengandung logam dalam air dibandingkan dengan titik sampel lainnya. Nilai resistivitas dan nilai konduktivitas merupakan nilai yang saling berbanding terbalik dimana semakin besar nilai resistivitas, semakin kecil nilai konduktivitas, dan sebaliknya semakin kecil nilai resistivitas, makin besar nilai konduktivitas. Nilai hambatan untuk identifikasi kualitas air semakin murni air akan semakin besar hambatan, dan semakin murni air akan memiliki kualitas yang semakin baik.

4. Simpulan dan Saran

a. Simpulan

Penentuan konduktivitas listrik melalui pengukuran hambatan dan metode regresi linier berbobot didapatkan sampel air laut sebesar $(2,81 \pm 5,7 \times 10^{-3}) S/m$, sampel air bak penampungan $(1,76 \pm 3,6 \times 10^{-3}) S/m$, sampel air sumur peresapan $(1,64 \pm 3,3 \times 10^{-3}) S/m$, sampel air hasil proses 1 kali $(0,22 \pm 4,6 \times 10^{-3}) S/m$, sampel air hasil proses 2 kali $(0,03 \pm 6,8 \times 10^{-3}) S/m$.

Nilai resistivitas dan nilai konduktivitas merupakan nilai yang saling berbanding terbalik dimana semakin besar nilai resistivitas, semakin kecil nilai konduktivitas menurut konsep air sangat murni maka semakin besar nilai resistivitas akan menunjukkan kemurnian air yang semakin tinggi sedangkan semakin kecil nilai resistivitas akan menunjukkan tingkat kemurnian air yang semakin rendah.

b. Saran

Saran dari eksperimen penentuan konduktivitas dapat dikembangkan sebagai model pembelajaran untuk siswa Sekolah Menengah Atas atau Sekolah Menengah Kejuruan pada pokok bahasan hambatan suatu penghantar.

c. Rekomendasi

Rekomendasi dari alat eksperimen untuk menentukan hambatan direkomendasikan menggunakan alat ukur multimeter yang mempunyai batas ukur lebih besar dari 2 mega ohm.

Toifur, M. 2019 *Panduan Eksperimen Fisika Untuk Mahasiswa Magister Fisika*, Yogyakarta: Lab Fisdas UAD.

Philip R. Bevington, D Keith Robinson, 2003. *Data Reduction And Error Analysis*. New York: The McGraw-Hill Company, inc.

H. Effendi. 2003 *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Kanisius.

HM-Digital, *TDS Meter 3, Water Quality Tester User Guide*, HM Digital Inc.

G.R Sunaryo, Sumijanto, Lafifah. 1999. *Teknologi Keselamatan Nuklir. Perancangan Sistem Pemurnian Air Laut Menjadi Air Tawar Berdasarkan Metode Desalinasi Multistage Flash Distillation (MSF)*.

Daftar Pustaka

A.P Aritonang. 2014. JOM FMIPA. *Penentuan Konduktivitas Listrik dan Kajian Air Sungai Siak Menggunakan Metode Jembatan Wheatstone*, Volume 1 No. 2, halaman 1-9.

F. Ahmad. 2014. *Jurnal Materi dan Pendidikan Fisika. Penentuan Konduktivitas dan Resistivitas Air Laut dengan Pengukuran Tidak Langsung*, halaman 37-41.

F. Destyorini, A. Suhandi, N. Indayanin gsih. 2010 *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia . Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Struktur dan Konduktivitas Listrik Arang Serabut Kelapa* , Vol. 10 - No. 2, halaman 122-132

Nugroho. Ari. 2004. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir. Uraian Umum Tentang Teknologi Desalinasi*, Vol. 6 No. 3&4, halaman 65-75

Yolanda, A.W. 2013. *Jurnal Fisika Unand. Pengaruh Kemampuan Partikel Batu Apung Terhadap Kemampuan Serapan Cairan Logam Berat*, Vol. 2, No. 3, halaman 155-161.

Utomo. Darmawan. 2012. *Techne Jurnal Elektronik. Alat Ukur Resistensi, Konduktivitas dan Total Dissolved Solids air dengan teknik dorong – tarik*, a vol.11 No.2, halaman 131-140.

Halliday, Resnick, Walker, *Fundamentals of Physics*, 6 th edition.