

# **PERBANDINGAN PENGUKURAN SALINITAS AIR ANTARA METODE DAYA HANTAR LISTRIK DAN MASSA JENIS UNTUK APLIKASINYA PADA BIDANG PERTANIAN**

## **COMPARISON OF WATER SALINITY MEASUREMENT BETWEEN ELECTRIC CONDUCTIVITY AND DENSITY METHOD FOR ITS APPLICATION ON AGRICULTURE**

**Jalu A. Prakosa<sup>1\*</sup>, Bernadus H. Sirenden<sup>1</sup>, Dadang Rustandi<sup>2</sup>, Budi Kartiwa<sup>3</sup>, Sensus Wijornako<sup>1</sup>, Tatik Maftukhah<sup>1</sup>, Purwowibowo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Puslit Fisika LIPI, Kawasan PUSPIPTEK Tangerang Selatan Indonesia,

<sup>2</sup> Balai Pengembangan Instrumentasi LIPI. Bandung Indonesia,

<sup>3</sup> Balai Penelitian Agroklimat Dan Hidrologi (Baliklimat) Kementerian Pertanian RI, Kota Bogor Indonesia.

Email: jalu001@lipi.go.id

\* Penulis ini sebagai kontributor utama

### **ABSTRAK**

Pengukuran tingkat keasinan (salinitas) air banyak digunakan untuk aplikasi pertanian khususnya di daerah pesisir. Akurasi pengukuran salinitas air sangat penting selain pertimbangan biaya dan kemudahannya karena setiap tanaman pangan memiliki toleransi salinitas yang berbeda. Bahkan pengukuran salinitas sangat berguna dalam bidang pertanian dalam penelitian toleransi tanaman pangan tersebut terkait pemanfaatan potensi lahan salin. Metode pengukuran berbasis daya hantar listrik dan massa jenis akan diinvestigasi perbandingan nilai kesalahan dan ketidakpastian pengukurannya karena alat ukur yang menggunakan keduanya masih banyak digunakan di pasaran. Sampel alat ukur yang menerapkan metode daya hantar dan massa jenis di pasaran dapat digunakan dalam penelitian ini. Natrium klorida digunakan sebagai nilai referensi dengan teknik gravimetrik sesuai definisi salinitas air. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan pengukuran salinitas air antara daya hantar listrik dan massa jenis secara kuantitatif dengan sampel alat ukur yang beredar di pasaran untuk aplikasi pada bidang pertanian. Dari hasil eksperimen, didapatkan metode daya hantar listrik memiliki kesalahan lebih baik 3 kalinya, namun untuk salinitas rendah di bawah 15 PPT cenderung terjadi kesalahan acak dan tidaklinearan. Akurasi sekitar 5% bahkan 3% untuk hidrometer salinitas dapat dicapai dengan kalibrasi dan penyetelan alat untuk memenuhi kebutuhan pengukuran salinitas pada bidang pertanian.

**Kata Kunci:** perbandingan pengukuran, salinitas air, akurasi, daya hantar listrik, massa jenis, pertanian.

### ***ABSTRACT***

*Salinity measurement of water is widely used for agricultural applications, especially in coastal areas. The accuracy of measurement of water salinity is very important besides the consideration of cost and convenience because each food crop has a different salinity tolerance. Even the measurement of salinity is very useful in the agriculture area in research on food crop tolerance related to the potential utilization of saline land. Measurement method based on electric conductivity and density will be investigated in comparison to the error and measurement uncertainty because the meters that use both are still commonly used in the market. Samples of measuring devices that apply the conductivity and density methods on the market can be used in this study. Sodium chloride is used as a reference value by gravimetric technique due to the definition of water salinity. The purpose of this study is to compare measurements of water salinity between electric conductivity and density in quantitative terms through samples of measuring instruments on the market for applications in agriculture. From the experimental results, the electrical conductivity method was found to have a better error 3 times, but for low salinity below 15 PPT, a random error tends to occur and it was more nonlinearity. Accuracy approximately 5% or even 3% for salinity hydrometers can be achieved by calibration and adjustment of meters to meet the needs of salinity measurement in agriculture.*

***Keywords:*** Measurement comparison, water salinity, accuracy, electric conductivity, density, agriculture.

## 1. PENDAHULUAN

Lahan salin di Negara kepulauan seperti Indonesia sangatlah luas dan potensial untuk didayagunakan terutama di daerah pasang surut. Namun salinitas tertentu dapat merusak kualitas tanaman pangan tertentu karena setiap tanaman pangan memiliki toleransi salinitas yang berbeda-beda (Suhartini & Tintin dkk, 2017). Pemanfaatan lahan salin yang cukup luas yaitu mencapai sekitar 9,5 juta ha dalam usaha peningkatan produksi pangan, memerlukan tanaman pangan seperti padi dan palawija yang adaptif kondisi salin guna mendukung ketahanan pangan (Kartiwa, B., & Dariah, A., 2012). Kegiatan penelitian terkait toleransi salinitas tanaman pangan dan penemuan plasma nutfah tanaman unggul di daerah salin (Suhartini & Tintin dkk, 2017), pemahaman mekanisme (Ganie, S. A., Molla, K. A., Henry, R. J., Bhat, K. V., & Mondal, T. K., 2019) dan evaluasi toleransi salinitas pada padi (Kakar, N., Jumaa, S. H., Redoña, E. D., Warburton, M. L., & Reddy, K. R., 2019) membutuhkan dukungan alat ukur salinitas yang akurat, mudah dan murah operasionalnya.

Pengukuran salinitas yang baik memerlukan alat ukur yang baik pula. Salinitas didefinisikan sebagai jumlah

garam yang terlarut pada air. Terdapat berbagai macam jenis alat ukur sesuai metode pengukuran yang digunakan. Titrasi khlor, massa jenis, pembiasan cahaya dan daya hantar listrik adalah beberapa metode yang paling sering digunakan dalam pengukuran salinitas. Di pasaran, alat ukur dengan metode daya hantar listrik dan massa jenis banyak digunakan terutama tersedia di toko *online*. Teknik perbandingan penimbangan garam seperti Natrium Klorida dan air dapat digunakan sebagai nilai referensi pengukuran salinitas. Nilai pengukuran perlu tertelusur dan terkalibrasi ke suatu nilai referensi agar menjamin kebenarannya (Prakosa, J. A., 2014 ; Purwowibowo, P., & Prakosa, J. A., 2015). Tujuan penelitian ini adalah menganalisa perbandingan pengukuran salinitas antara metode daya hantar listrik dengan massa jenis secara kuantitatif untuk aplikasinya pada bidang pertanian. Nilai kesalahan dan ketidakpastian pengukuran antara kedua metode tersebut dapat diinvestigasi selain pertimbangan kemudahan dan biaya pengoperasiannya. Hal tersebut akan menambah khazanah data kuantitatif akurasi dalam pemilihan alat ukur yang memakai kedua metode pengukuran salinitas (Hussain, I., Das, M., Ahamad, K. U., & Nath, P., 2017)

**Tabel 1. Pengaruh larutan salin NaCl (4 PPT) terhadap daun tanaman varietas**

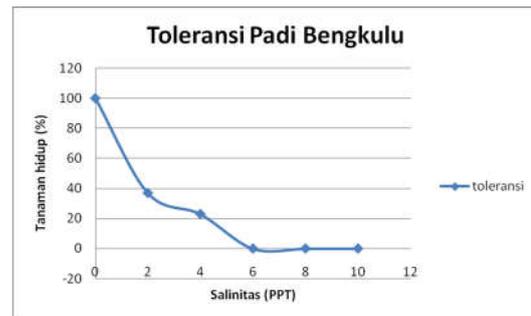
Varietas/Galur	Daun Mati
Brentel	$51 < x \leq 70\%$
Tomat	$51 < x \leq 70\%$
Mundjahir	$51 < x \leq 70\%$
Tjempo Brondol	$0 < x \leq 50\%$
Gembira Putih	$0 < x \leq 50\%$
Cisadane	$51 < x \leq 70\%$
IR72046-B-R-8-3-1-2	$51 < x \leq 70\%$
Pokkali	$0 < x \leq 50\%$
Ketan Pati	$51 < x \leq 70\%$

tersebut bagi pengguna terutama pada aplikasi di bidang pertanian.

## 2. TEORI DASAR

### 2.1 Toleransi Tanaman Pangan

Penelitian mengenai toleransi plasma nutfah padi lokal terhadap salinitas menunjukkan bahwa salinitas menyebabkan sebagian besar tanaman pangan padi yang diuji mengalami hambatan dalam pertumbuhannya. Bahkan, pada tanaman yang peka akan mengalami kematian, meskipun tanaman yang masih bertahan hidup masih dapat membentuk daun hijau. Daun mengering dan klorosis mengawali kematian tanaman tersebut. Larutan salin NaCl dapat menurunkan jumlah anakan, panjang akar, tinggi tanaman, bobot kering tajuk, akar, dan total tanamannya. Berikut hasil perlakuan beberapa bibit padi yang diberikan larutan NaCl 0,4%



**Gambar 1.** Pengaruh salinitas terhadap tanaman hidup Padi Lokal Bengkulu

(4 PPT) (Rustikawati, R., Simarmata, M., Turmudi, E., & Herison, C., 2014).

Terlihat pada Tabel 1 (Suhartini & Tintin dkk, 2017), varietas tanaman padi yang berbeda memiliki toleransi salinitas yang berbeda. Pengaruh salinitas terhadap tanaman hidup Padi Lokal Bengkulu pada umur 8 hari telah dilakukan.

Pada Gambar 1 (Rustikawati, R., Simarmata, M., Turmudi, E., & Herison, C., 2014) menunjukkan bahwa semakin tinggi salinitas maka akan semakin kecil persentase tanaman yang hidup.

### 2.2 Salinitas

Salinitas didefinisikan sebagai massa dalam gram dari semua zat padat yang terlarut dalam 1 kilo gram air laut (BIPM, 2006) jikalau semua brom dan yodium digantikan dengan khlor dalam jumlah yang setara. Satuan salinitas dinyatakan dalam g/kg yang umumnya dituliskan dalam ‰ atau PPT yaitu singkatan dari part-per-thousand (Arief,

D., 1984). Hubungan antara salinitas ( $\check{S}$ ) dengan khlorinitas ( $K$ ) air laut diusulkan oleh M. Knudsen pada tahun 1901, Dia menurunkan rumus salinitas sebagai berikut (Knudsen, M. (Ed.), 1901) :

$$\check{S} = 0,30 + 1,805 * K \quad (1)$$

dengan :

$\check{S}$  adalah salinitas.

$K$  adalah khlorinitas.

Rumus Knudsen pada persamaan (1) tersebut dapat digunakan untuk salinitas antara 2,69 hingga 40,18 PPT. Namun, *The UNESCO Joint Panel on Equation of Sea Water* pada 1962 mengusulkan hubungan baru yang merupakan modifikasi dari rumus Knudsen yaitu :

$$\check{S} = 1,80655 * K \quad (2)$$

Perbedaan antara kedua rumus tersebut 0,0026 PPT untuk salinitas antara 32 - 38 PPT sehingga perbedaan tersebut dapat diabaikan terhadap ketelitian dalam pengukuran salinitas.

## 2.3 Perbandingan Metode

### 2.3.a Metode Daya Hantar Listrik

Daya hantar listrik atau konduktivitas ( $\sigma$ ) yang merupakan kebalikan dari hambatan adalah kemampuan suatu bahan dalam mengalirkan listrik. Air laut merupakan suatu larutan elektrolit yang dapat menghantarkan aliran listrik. Sifat daya hantar listrik ini bergantung

pada nilai salinitas dan suhu air asin. Semakin tinggi salinitas air maka akan semakin besar daya hantar listriknya.

$$\check{S} (\%) \approx \sigma \quad (3)$$

dengan :

$\sigma$  adalah daya hantar listrik.

Pengukuran salinitas dewasa ini sebagian besar menggunakan metode daya hantar listrik. Metode ini memberikan beberapa keuntungan dibandingkan dengan metode lain, antara lain pengukuran menjadi sangat praktis dengan ketelitian yang tinggi walaupun memerlukan sumber energi listrik untuk mengoperasikannya dengan tampilan digital. Alat ukur berbasis konduktivitas juga sering disebut salinometer digital. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi lahan salin untuk pertanian (Muliawan, N. R. E., Sampurno, J., & Jumarang, M. I., 2016).

### 2.3.b Metode Massa Jenis

Air asin memiliki massa jenis ( $\rho$ ) lebih besar dari pada air tawar. Massa jenis air laut tergantung pada nilai suhu dan salinitasnya. Dengan menentukan massa jenis dan suhu suatu air laut, maka nilai salinitas air laut tersebut dapat ditentukan. Semakin besar salinitas air maka akan semakin besar masaa jenisnya.

$$\check{S} (\text{‰}) \approx \rho \quad (4)$$

dengan :

$\rho$  adalah massa jenis.

Alat ukur yang menggunakan metode ini disebut hidrometer. Ada dua jenis hidrometer yaitu "*density hydrometer*" yang mengukur massa jenis air laut dan nilai salinitas dihitung dari tabel alat tersebut, dan "*salinity hydrometer*" yang langsung menunjukkan nilai salinitas air laut yang bersangkutan. Keuntungan metode massa jenis dapat tidak memerlukan sumber listrik untuk jenis alat analog namun ketelitiannya cukup kasar sebagai alat ukur pengujian sementara atau sesuai kebutuhan akurasi. Degradasi lahan akibat erosi pada areal pertanian telah diteliti menggunakan hidrometer dengan menganalisa massa jenis tanah (Rusdi, R., Alibasyah, M. R., & Karim, A., 2013).

### 3. METODOLOGI

Kegiatan pengukuran salinitas air dilakukan pada kondisi ruangan dengan temperatur  $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$  karena suhu mempengaruhi baik nilai konduktivitas listrik dan massa jenis cairan di



**Gambar 2.** Nilai referensi salinitas dari NaCl dengan metode penimbangan

laboratorium grup instrumentasi hidrometeo keltian optoelektronika dan kontrol di Pusat Penelitian Fisika LIPI.

Salinitas air laut banyak dipengaruhi oleh natrium klorida dengan perbandingan 1:1 antara Natrium dan Klorida yang masing-masing memiliki massa molar 22,99 dan 35,45 g/mol. Perhitungan dari massa molarnya tersebut digunakan untuk membuat larutan referensi salinitas dengan metode penimbangan. Timbangan beresolusi 0,1 g dimanfaatkan untuk meracik larutan salin dengan perbandingan penimbangan antara NaCl and air.

Pembuatan khlorinitas air menggunakan metode gravimetrik (Prakosa, J. A., Darmayanti, N. T. E., & Sirenden, B. H. Hafid., 2015) sesuai Gambar 2 dengan ratio dari massa NaCl ( $m_{\text{NaCl}}$ ) dan air ( $m_{\text{a}}$ ). Ini merujuk definisi

dan ketertelusuran (Prakosa, J. A., Su, C. M., Wang, W. B., Sirenden, B. H.,



**Gambar 3.** Pengukuran salinitas dengan metode daya hantar listrik

Zaid, G., & Darmayanti, N. C. E., 2020) salinitas sebagai massa garam terlarut dalam larutan air laut.

Sehingga klorinitas dapat diturunkan sebagai berikut memperhatikan massa molarnya.

$$K_s = \frac{m_{NaCl}}{m_a} \quad (5)$$

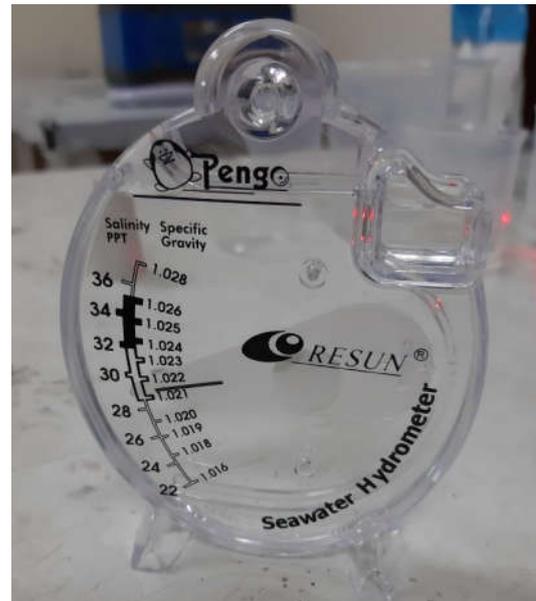
dengan:

$m_{NaCl}$  adalah massa NaCl.

$m_a$  adalah massa air.

Pembentukan salinitas dari klorinitas air merujuk persamaan 2 di atas. Alat ukur yang menggunakan metode daya hantar listrik digunakan untuk mengukur larutan salin tersebut.

Setelah dilakukan perbandingan penimbangan kemudian dilarutkan



**Gambar 4.** Pengukuran salinitas dengan metode massa jenis

dengan pengadukkan, larutan asin tersebut dituangkan pada suatu wadah

Pengukur berbasis daya hantar listrik dicelupkan untuk mengukur nilai salinitasnya sebagai implementasi persamaan 3.

Metode massa jenis pada alat ukur *salinity hydrometer* merujuk formula (4) diaplikasikan dalam pengukuran larutan referensi salin tersebut. Air asin yang berada dalam wadah dituangkan pada hidrometer untuk diketahui nilai salinitasnya.

Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali perulangan dengan 11 jumlah titik ukur pada rentang ukur 1~27 PPT namun sampel hidrometer yang digunakan pada Gambar 4 hanya

memiliki range antara 22 sampai 36 PPT. Pengukuran ketidakpastian pengukuran berdasarkan perulangan (Prakosa, J. A., Kukaev, A. S., Parfenov, V. A., & Venediktov, V. Y., 2020) dan resolusi alat, untuk sumber lain dapat diabaikan (BIPM, I., IFCC, I., ISO, I., & IUPAP, O., 2008).

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (6)$$

$$u_i = \frac{(Max - Min)}{2\sqrt{3}} \quad (7)$$

$$u_{res,\sigma} = \frac{(res)}{2\sqrt{3}} \quad (8)$$

$$u_{res,\rho} = \frac{(res)}{2\sqrt{6}} \quad (9)$$

$$c_i = \frac{\partial S}{\partial \bar{x}} \quad (10)$$

$$u_c = \sqrt{\sum c_i^2 \cdot u_i^2} \quad (11)$$

$$U_{ex} = k \cdot u_c \quad (12)$$

$$\varepsilon = S_i - \check{S} \quad (13)$$

keterangan:

$x_i$  = Nilai data ke-i salinitas

$\bar{x}$  = Nilai rata-rata salinitas

$n$  = Jumlah data

$u_i$  = Ketidakpastian data ke-i pengukuran berulang

max = Nilai maximum perulangan

min = Nilai minimum perulangan

$u_{res,\sigma}$  = Ketidakpastian data alat ukur digital berbasis metode daya hantar listrik

$u_{res,\rho}$  = Ketidakpastian data alat ukur

analog dengan metode massa jenis

**Tabel 1.** Hasil pengukuran salinitas berbasis metode daya hantar listrik dalam PPT dan relatif

$\bar{x}$	$u_i$	$u_{res,\sigma}$	$U_{ex}$	FS
2,2	0,4	0,1	0,9	3%
2,5	0,1	0,1	0,2	1%
5,6	0,2	0,1	0,4	1%
6,2	0,2	0,2	0,4	2%
9,3	0,3	0,1	0,5	2%
10,8	0,4	0,1	0,9	3%
13,4	0,3	0,1	0,7	3%
17,2	0,3	0,1	0,5	2%
18,6	0,3	0,1	0,7	3%
20,8	0,4	0,1	0,9	3%
23,5	0,3	0,1	0,5	2%
25,3	0,2	0,1	0,4	1%
28,5	0,3	0,1	0,5	2%

$k$  = Faktor cakupan sesuai faktor-t student

$U_{ex}$  = Ketidakpastian terentang

$\varepsilon$  = Kesalahan pengukuran

$S_i$  = Penunjukkan nilai salinitas dari alat ukur

$\check{S}$  = Nilai salinitas hasil penimbangan

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut hasil pengukuran salinitas dari alat yang menggunakan metode daya hantar listrik beresolusi 0,1 PPT dengan indikator digital.

Terlihat pada Tabel 1, ketidakpastian disumbangkan terbesar dari perulangan daripada resolusi. Ketidakpastian relatif skala penuh (*Full*

Scale (FS)) paling besar mencapai 3%. Sedangkan hasil pengukuran salinitas dari alat berbasis metode massa jenis

**Tabel 2.** Hasil pengukuran salinitas berbasis metode massa jenis dalam PPT dan relatif

$\bar{x}$	$u_i$	$u_{res, \rho}$	$U_{ex}$	FS
22	0	0,4	0,8	2%
25	0	0,4	0,8	2%
28	0	0,4	0,8	2%
31	0	0,4	0,8	2%
33	0	0,4	0,8	2%

yang memiliki resolusi 2 PPT yaitu 20 kalinya dengan indikator masih analog

Walaupun *salinity hydrometer* memiliki ketidakpastian perulangan nol pada Tabel 2, namun rata-rata ketidakpastian terentangnya lebih besar dibandingkan pengukur berbasis daya hantar listrik pada Tabel 1, yang dominan dipengaruhi oleh resolusi alat yang lebih besar 20 kalinya. Di sisi lain, ketidakpastian relatifnya (Prakosa, J. A., Wijonarko, S., & Rustandi, D., 2018) rata-rata lebih kecil yaitu sekitar 2% karena kontribusi ketidakpastian dari perulangan bisa diabaikan.

Kesalahan alat dibandingkan dengan referensi salinitas berbasis natrium klorida dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 5. Rata-rata kesalahan alat ukur dengan metode massa jenis lebih besar 3,1 kali lipatnya baik nilai absolut maupun relatifnya. Untuk titik ukur di bawah 15 PPT, alat ukur

berbasis daya hantar listrik memiliki kesalahan cenderung acak antara 0,9 sampai dengan 3,5 PPT.

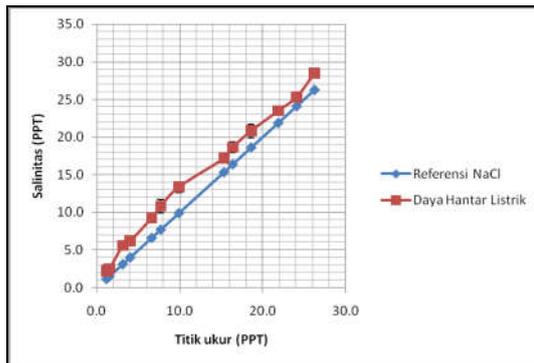
**Tabel 3.** Perhitungan kesalahan alat dalam PPT dan relatif

$\check{S}$	$\sigma$		$\rho$	
	$\epsilon$	FS	$\epsilon$	FS
1,1	1,0	4%	-	-
1,5	1,0	4%		
3,1	2,5	10%	-	-
4,0	2,2	8%		
6,6	2,7	10%	-	-
7,7	3,1	12%	-	-
9,9	3,5	13%	-	-
15,3	1,9	7%	-	-
16,4	2,3	9%	5,6	21%
18,6	2,2	8%	6,4	24%
21,9	1,6	6%	6,1	23%
24,1	1,2	5%	6,9	26%
26,3	2,2	8%	6,7	26%

Hal tersebut nampak pada Gambar 5, grafiknya lebih tidak linear. Namun untuk rentang ukur di atas 15 PPT cenderung kesalahan sistematis sekitar 2 PPT. Untuk memperbaiki akurasi alat, koreksi (c) dapat disetel (*adjustment*) dengan kebalikan persamaan 13 berikut ini.

$$c = - \epsilon \quad (14)$$

Nilai koreksi rata-rata pada salinometer digital sekitar -2 PPT dan pada alat ukur berbasis massa jenis sekitar -6 PPT untuk mengatur kembali kedua alat ukur tersebut. Tabel 4 menampilkan data perbaikan kesalahan setelah *adjustment*.



**Gambar 5.** Hasil pengukuran salinitas dengan metode daya hantar listrik

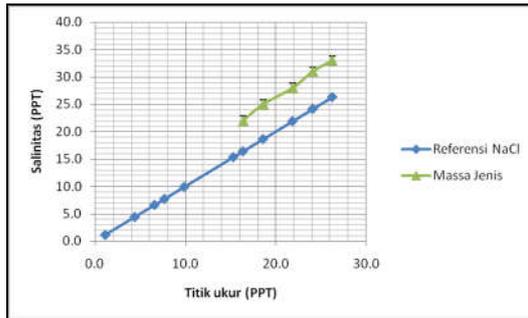
Setelah melalui penyetulan koreksi dalam memperbaiki kesalahan pada Tabel 4, hidrometer salinitas memiliki rerata kesalahan lebih kecil daripada pengukur berbasis daya hantar listrik.

Ini mengindikasikan kesalahan pada alat ukur yang menggunakan metode massa jenis cenderung sistematis. Sebaliknya salinometer digital memiliki kesalahan yang cenderung lebih acak terutama titik ukur di bawah 15 PPT dari pengukur yang menggunakan metode massa jenis. Walaupun alat ukur berbasis massa jenis memiliki harga relatif lebih murah dan resolusi lebih besar dari salinometer digital, namun nilai kuantitatif akurasi baik kesalahan dan ketidakpastian setelah penyetulan dari eksperimen, menunjukkan tidak jauh berbeda melihat perbandingan Table 3 dan 4.

**Tabel 4.** Perhitungan kesalahan alat dalam PPT dan relative setelah perbaikan

$\xi$	$\sigma$		$\rho$	
	$\epsilon$	FS	$\epsilon$	FS
1,1	-1,0	-4%	-	-
1,5	-1,0	-4%		
3,1	0,5	2%	-	-
4,0	0,2	1%		
6,6	0,7	3%	-	-
7,7	1,1	4%	-	-
9,9	1,5	6%	-	-
15,3	-0,1	-1%	-	-
16,4	0,3	1%	-0,4	-1%
18,6	0,2	1%	0,4	1%
21,9	-0,4	-2%	0,1	0%
24,1	-0,8	-3%	0,9	3%
26,3	0,2	1%	0,7	3%

Bahkan hidrometer salinitas dengan indikator analog tidak memerlukan sumber energi listrik sehingga lebih hemat operasional dan tahan lama di lapangan daripada pengukur dengan metode daya hantar listrik. Metode daya hantar lebih direkomendasikan terkait resolusi, akurasi dan rentang ukur pengukurannya. Namun metode massa jenis dapat dijadikan alternatif dengan keunggulan harga dan operasional tanpa energi listrik dengan perawatan kalibrasi dan penyetulan secara rutin terkendali. Di samping kelebihan dan kekurangan kedua metode tersebut, alat ukur berbasis metode-metode itu di pasaran layak digunakan untuk aplikasi pada bidang pertanian terutama perlu dikalibrasi dan *adjustment* agar dapat



**Gambar 6.** Hasil pengukuran salinitas dengan metode massa jenis

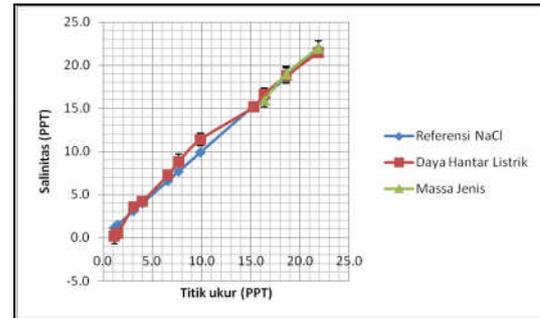
mencapai akurasi 5%, bahkan dapat 3% untuk hidrometer salinitas.

## 5. KESIMPULAN

Walaupun fenomena ketidakpastian perulangan alat ukur berbasis daya hantar listrik lebih besar dan ketidakpastian resolusi pengukur dengan metode massa jenis lebih besar, namun rerata ketidakpastian terentang relatif skala penuh keduanya hampir sama yaitu sekitar 2%. Pada titik ukur di bawah 15 PPT pada salinometer digital cenderung memiliki kesalahan acak. Di sisi lain, rentang di atas 15 PPT pada pengukur berbasis konduktivitas dan hidrometer salinitas memiliki kesalahan cenderung sistematis, sehingga dengan kalibrasi dan penyetelan maka dapat mencapai akurasi 3%.

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada manajemen Puslit Fisika LIPI dan Baliklimate Kementrian



**Gambar 7.** Hasil perbaikan kesalahan alat ukur

Pertanian yang telah mendukung kegiatan ini. Kami mengucapkan terima kasih kepada Kemenristek-BRIN yang mendanai penelitian ini.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- Arief, D. (1984). Pengukuran salinitas air laut dan peranannya dalam ilmu kelautan. *Jurnal Kelautan*, 9(1).
- BIPM. (2006). *The International System of Units (SI) 8th edition*. Paris : Organisation Intergouvernementale de la Convention du Mètre.
- Ganie, S. A., Molla, K. A., Henry, R. J., Bhat, K. V., & Mondal, T. K. (2019). Advances in understanding salt tolerance in rice. *Theoretical and Applied Genetics*, 132(4), 851-870.
- Hussain, I., Das, M., Ahamad, K. U., & Nath, P. (2017). Water salinity detection using a smartphone. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 239, 1042-1050.
- BIPM, I., IFCC, I., ISO, I., & IUPAP, O. (2008). Evaluation of measurement

- data—guide to the expression of uncertainty in measurement, JCGM 100: 2008 GUM 1995 with minor corrections. *Joint Committee for Guides in Metrology*.
- Kartiwa, B., & Dariah, A. (2012). Teknologi pengelolaan air lahan kering. *Dalam: Dariah A., B. Kartiwa, N. Sutrisno, K. Suradisastra, M. Syarwani, H. Suparno, dan E. Pasandaran (Eds) Prospek pertanian lahan kering mendukung ketahanan pangan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian, RI. Hal, 103-122.*
- Kakar, N., Jumaa, S. H., Redoña, E. D., Warburton, M. L., & Reddy, K. R. (2019). Evaluating rice for salinity using pot-culture provides a systematic tolerance assessment at the seedling stage. *Rice, 12(1), 57.*
- Knudsen, M. (Ed.). (1901). *Hydrographical tables*. Bianco Luno, Fotoprinted by Tutein & Koch.
- Muliawan, N. R. E., Sampurno, J., & Jumarang, M. I. (2016). Identifikasi nilai salinitas pada lahan pertanian di daerah Jungkat berdasarkan metode daya hantar listrik (DHL). *Prisma Fisika, 4(2).*
- Prakosa, J. A., Su, C. M., Wang, W. B., Sirenden, B. H., Zaid, G., & Darmayanti, N. C. E. (2020). The Traceability Improvement and Comparison of Bell Prover as the Indonesian National Standard of Gas Volume Flow Rate. *MAPAN, 1-7.*
- Prakosa, J. A., Kukaev, A. S., Parfenov, V. A., & Venediktov, V. Y. (2020). Simple automatic fluid displacement measurement by time-of-flight laser sensing technology for volume calibrator need. *Journal of Optics, 1-7.*
- Prakosa, J. A., Wijonarko, S., & Rustandi, D. (2018). The performance measurement test on rain gauge of tipping bucket due to controlling of the water flow rate. In 2018 *IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus)* (pp. 1136-1140). IEEE.
- Prakosa, J. A. (2014). DESIGNING FOR PROTOTYPE OF DIGITAL GAS MANOMETER CALIBRATED BY PRIMARY STANDARD OF PRESSURE BALANCE. *Instrumentasi, 37(1), 8-20.*
- Prakosa, J. A., Darmayanti, N. T. E., & Sirenden, B. H. Hafid. (2015). Volume measurement of piston prover cylinder by gravimetric method for validation of water flow rate traceability at METROLOGY

- LIPI. In *XXI IMEKO World Congress "Measurement in Research and Industry"* (Vol. 1, No. 1, pp. 1054-1058).
- Purwowibowo, P., & Prakosa, J. A. (2015). Prototipe Frekuensi Meter Rentang Ukur (10~ 2000) Hz Terkalibrasi ke Standar Primer Frekuensi. *INKOM Journal*, 9(1), 11-20.
- Rusdi, R., Alibasyah, M. R., & Karim, A. (2013). Degradasi lahan akibat erosi pada areal pertanian di Kecamatan Lembah Seulawah Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan*, 2(3), 240-249.
- Rustikawati, R., Simarmata, M., Turmudi, E., & Herison, C. (2014). Penentuan Kadar Garam Kultur Hara untuk Seleksi Toleransi Salinitas pada Padi Lokal Bengkulu. *Akta Agrosia*, 17(2), 101-107.
- Suhartini, T., & Zulchi, T. (2018). Toleransi Plasma Nutfah Padi Lokal terhadap Salinitas.