

## PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT UKUR KONDUKTIVITAS LARUTAN BERBASIS MIKROKONTROLER

Andri Wiono, Endah Rahmawati

Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Surabaya  
e-mail : andriwiono88@gmail.com

### Abstrak

Kualitas air dapat diidentifikasi secara fisika yaitu dengan cara mengukur daya hantar listrik dalam larutan menggunakan alat ukur konduktivitas larutan dan jumlah zat terlarut yang disebut *Total Dissolved Solid* (TDS). Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat alat ukur konduktivitas larutan dengan menggunakan sensor empat elektroda yang terbuat dari perak. Empat elektroda disusun sejajar dengan jarak yang sama. Dua elektroda terluar mengalirkan arus searah yang bernilai positif dan negatif secara bergantian dengan frekuensi kurang dari 33 Hz. Dua elektroda lainnya mengukur tegangan. Alat ini dilengkapi dengan sensor suhu LM35. Sinyal analog pengukuran arus, tegangan dan suhu dibaca oleh ADC pada mikrokontroler, selanjutnya mikrokontroler mengolah data tersebut dan menampilkan nilai resistivitas, konduktivitas, TDS dan suhu. Pengujian menggunakan larutan garam dengan konsentrasi 23 ppm sampai 731 ppm. Pembuatan larutan dengan mengukur TDS (*Total Dissolved Solid*) terlebih dulu dengan menggunakan TDS Meter 3 produksi HM Digital. Hasil pengukuran konduktivitas dengan AWr\_88 (alat rancangan) menunjukkan nilai 46,62  $\mu\text{S}$  pada 23 ppm dan terus mengalami peningkatan sampai 1.478,84  $\mu\text{S}$  pada 731 ppm. Hasil ini menunjukkan hubungan TDS berbanding lurus dengan konduktivitas larutan, semakin tinggi TDS larutan maka konduktivitas juga semakin besar.

**Kata kunci:** AWr\_88, elektroda perak, elektroda empat sel, konduktivitas, TDS.

### Abstract

Water quality can be identified from physical parameters by measuring its conductivity and number for dissolved solid in liquid, namely, Total Dissolved Solid (TDS). This study aims to design and build water conductivity meter and TDS by implementing four silver electrodes as sensor. These four electrodes are inline arranged in same distance. The two outer electrodes injected direct current of positive and negative back and forth with frequency less than 33Hz. The two other measured voltage. This meter is equipped by temperature sensor of LM35. Analog signal of current, voltage and temperature measurement are converted to digital signal by ADC which is integrated in microcontroller. Microcontroller calculated and displayed the value of resistivity, conductivity, TDS and temperature. The conductivity meter is examined for measuring conductivity of water which has varies salt content from 23 ppm to 731 ppm. The salt content of water are measured by TDS Meter HM Digital 3. The results of conductivity measurements by AWr\_88 (designed conductivity meter) shows that salt water has 46.62  $\mu\text{S}$  and continue increase until 1478.84  $\mu\text{S}$  at 731 ppm. The value of TDS by AWr\_88 is proportional to the conductivity of the solution, when the TDS increased, the conductivity also increased.

**Keywords:** AWr\_88, silver electrodes, four point probes, conductivity, TDS.

### PENDAHULUAN

Sumber daya alam sangat dibutuhkan bagi kelangsungan hidup manusia. Pertumbuhan penduduk yang begitu pesat, mengakibatkan sumber daya air di dunia menjadi salah satu kekayaan yang sangat penting. Air merupakan hal kebutuhan pokok manusia untuk konsumsi, sanitasi, produksi barang industri, produksi makanan, dan sebagainya. Terutama untuk minum dan

memasak, faktor kualitas air sangat perlu diperhatikan, karena air yang terlihat bersih belum tentu layak untuk dikonsumsi.

Permasalahan yang ada saat ini sulit untuk menentukan atau mengidentifikasi kualitas air yang layak untuk digunakan atau tidak layak digunakan. Analisis layak atau tidaknya air untuk digunakan berkaitan erat dengan kandungan kimia pada air tersebut. Analisis kandungan kimia air sangat mahal karena itu berbagai metode dilakukan untuk melakukan pendekatan dan

prediksi untuk mengetahui zat kimia apakah yang mungkin terkandung dalam air berdasarkan sifat fisika air (Kurniawan Alfa, 1999). Contoh sifat fisika air adalah sifat kelistrikan yang berupa konduktivitas, yaitu kemampuan larutan untuk mengantarkan arus listrik. Sifat fisik lainnya yaitu TDS (*Total Dissolve Solid*) yang menunjukkan jumlah padatan zat terlarut dalam air.

Perkembangan teknologi elektronika saat ini khususnya teknologi semikonduktor, mendorong manusia untuk berusaha membuat alat yang berguna untuk mengukur besaran yang ada. Dalam keperluan untuk mengukur daya hantar listrik dalam larutan maka, dibutuhkan alat ukur konduktivitas larutan yang mampu untuk mengidentifikasi atau menganalisis kualitas air berdasarkan konsep dasar fisika tentang konduktivitas dan resistivitas serta konsep dasar kimia tentang larutan asam, basa dan garam (Bevilacqua, 1998). Nilai konduktivitas suatu larutan dipengaruhi oleh zat yang terlarut didalamnya sebagai contoh larutan garam (NaCl), semakin bnyak jumlah garam yang terlarut maka konduktivitasnya semakin besar (Arthana, 2006).

Dalam hal ini metode yang digunakan untuk menentukan kualitas air yang layak untuk dikonsumsi adalah konduktivitas listrik. Konduktivitas listrik merupakan kemampuan suatu zat untuk mengalirkan arus listrik. Dalam larutan, arus dibawa oleh kation dan anion sedangkan pada logam arus dibawa oleh electron.

Untuk mengukur daya hantar listrik dalam larutan dibutuhkan suatu alat yang mampu mengukur daya hantar listrik yang terukur dalam bentuk nilai konduktivitas. Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti memilih topik tentang pengukuran konduktivitas larutan dengan menggunakan empat elektroda perak sebagai sensor konduktivitas dan mikrokontroler Atmega16. Alat ukur yang dibuat diuji untuk mengukur konduktivitas dan resistivitas larutan air garam yang memiliki kosentrasi bervariasi dari 23 ppm sampai dengan 731 ppm.

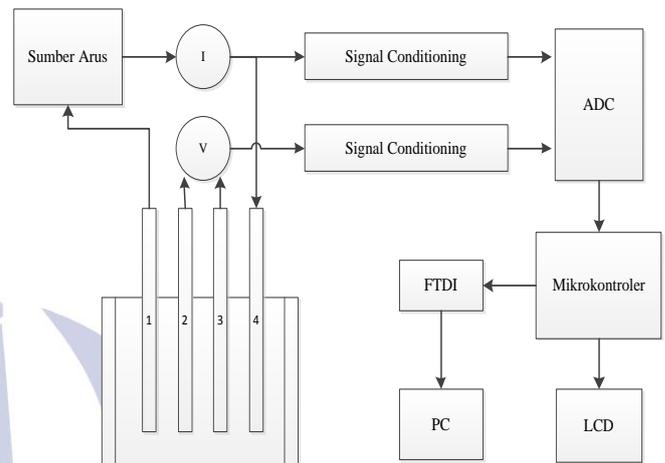
Konsentrasi larutan yang akan diuji diukur terlebih dulu konsentrasinya dengan TDS Meter 3. Alat ukur konduktivitas hasil penelitian ini diberi nama AWR\_88 dan selanjutnya alat tersebut juga digunakan untuk mengukur TDS dalam larutan yang diujikan.

## METODE

Metode alat ini adalah dengan mengalirkan arus searah secara bolak-balik pada bagian tepi elektroda dan mengukur tegangan pada dua elektroda bagian tengah. Bagian tepi elektroda dipasang resistor secara seri untuk mengukur arus yang mengalir. Untuk pengukuran suhu, alat ini menggunakan sensor LM35 yang nilai keluarannya berupa tegangan. Tegangan dari elektroda dan resistor kemudian dimasukkan ke ADC mikrokontroler, selanjutnya mikrokontroler mengolah data tersebut dan menampilkan nilai resistivitas, konduktivitas, TDS dan suhu pada LCD dan juga

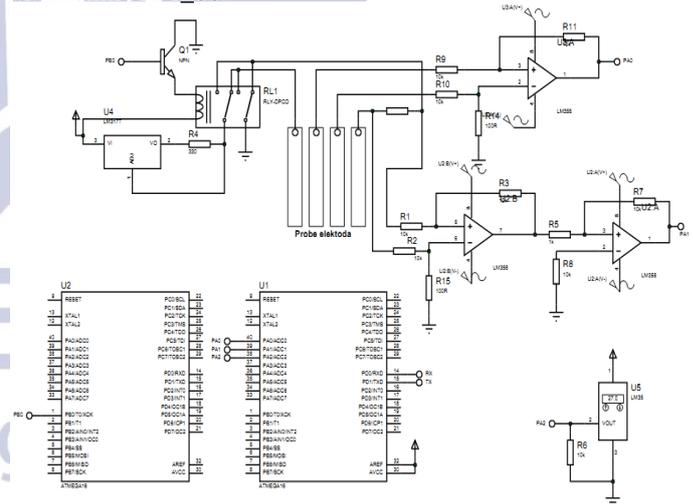
computer dengan komunikasi USART (*Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*).

Diagram alir dari sistem dari perancangan dan pembuatan alat AWR\_88 secara keseluruhan adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram alir sistem AWR\_88

Sumber arus AWR\_88 menggunakan LM317 kemudian dibalik dengan rangkai relay. Keluaran tegangan dari elektroda dan resistor dimasukkan ke rangkaian penguat, selanjutnya dimasukkan ke ADC mikrokontroler. Gambar berikut adalah rangkaian elektronik AWR\_88.



Gambar 2. rangkaian elektronik AWR\_88.

Pada mulanya percobaan yang dilakukan pada penelitian ini ialah mempersiapkan larutan garam pada gelas ukur dengan volume tertentu yang mana konsentrasi dari larutan tersebut sudah di ukur terlebih dahulu dengan TDS Meter 3. TDS Meter ini telah dikalibrasi dengan larutan NaCl 342 ppm. Larutan yang di ujikan bervariasi, mulai dari 23 ppm sampai 731 ppm. Kemudian memasukkan sensor elektroda dan sensor ke dalam larutan garam tersebut. Percobaan ini diulang

dengan konsentrasi larutan yang berbeda-beda, Untuk masing-masing larutan diambil 20 data.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

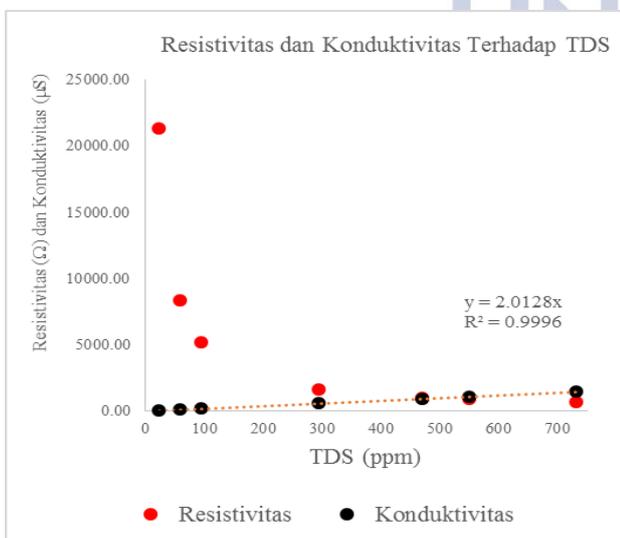
### A. Pengukuran Resistivitas dan Konduktivitas Larutan dengan AWr\_88 pada Suhu Kamar

Tabel berikut merupakan hasil rata-rata pengukuran resistivitas dan koduktivitas dengan AWr\_88 pada suhu 29 °C dengan pengambilan data sebanyak 20 kali. Data rata-rata hasil pengukuran ditampilkan pada tabel.1.

**Tabel 1.** Hasil pengukuran resistivitas dan konduktivitas larutan dengan AWr\_88.

TDS Larutan (ppm)	R(Ω)	K (μS/cm)	T(°C)	ΔR (%)	Δκ (%)	ΔT (%)
23	21.331,13	46,62	29	1,23	1,24	0,00
59	8.322,17	119,49	29	1,23	1,23	0,00
94	5.193,25	191,47	29	1,00	1,00	0,00
295	1.671,67	594,86	29	1,27	1,27	0,77
470	1.036,61	959,52	29	2,05	2,05	1,73
549	918,63	1.082,42	29	1,02	1,02	0,00
731	672,46	1.478,84	29	1,51	1,49	0,77

Berdasarkan tabel 1, terlihat bahwa penambahan konsentrasi mempengaruhi resistivitas dan koduktivitas larutan. Nilai resistivitas yang terukur berbanding terbalik dengan konduktivitas yang terukur. Konduktivitas meningkat seiring dengan peningkatan TDS larutan garam, sedangkan resistivitas berkurang seiring peningkatan TDS larutan garam. Dari data tersebut diperoleh grafik antara resistivitas dan konduktivitas terhadap TDS sebagai berikut.



**Gambar 3.** Grafik hubungan resistivitas dan konduktivitas terhadap TDS

Dari grafik tersebut nampak jelas bahwa nilai resistivitas larutan semakin berkurang seiring dengan bertambahnya konsentrasi larutan, sebaliknya nilai konduktivitas larutan meningkat seiring bertambahnya konsentrasi (TDS) larutan. Hal tersebut sesuai teori yang mengatakan semakin kecil nilai hambatan suatu bahan maka nilai konduktivitasnya semakin besar. Untuk larutan, nilai konduktivitasnya sangat dipengaruhi oleh banyaknya ion-ion yang terdapat dalam larutan. Semakin besar konsentrasi larutan maka konduktivitas semakin besar, karena semakin banyak ion-ion yang menghantarkan arus listrik dalam larutan tersebut.

Larutan yang diujikan memiliki konsentrasi yang berbeda, mulai dari 23 ppm sampai 731 ppm. Dari hasil pengukuran dengan AWr\_88 diperoleh nilai resistivitas larutan pada konsentrasi 23 ppm sebesar 21.331,13 Ω dan pada konsentrasi 731 ppm sebesar 672,46 Ω dengan nilai kesalahan relatif terbesar untuk semua pengukuran resistivitas sebesar 2,05 %. Nilai resistivitas larutan semakin turun dari 21.331,13 Ω pada 23 ppm sampai 672,46 Ω pada 731 ppm. Untuk pengukuran konduktivitas larutan pada konsentrasi 23 ppm sebesar 46,62 μS dan pada konsentrasi 731 ppm sebesar 1.478,84 μS dengan nilai kesalahan relatif terbesar untuk semua pengukuran konduktivitas sebesar 2,05 %. Nilai konduktivitas ini semakin bertambah dari 23 ppm sampai 731 ppm.

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa AWr\_88 dapat digunakan untuk mengukur resistivitas dan konduktivitas larutan garam mulai dari 23 ppm sampai 731 ppm karena untuk pengukuran konsentrasi dibawah 23 ppm dan diatas 731 ppm menunjukkan hasil yang kurang bagus. Untuk hasil pengukuran suhu memperoleh nilai yang relatif konstan untuk semua jenis konsentrasi larutan yaitu sekitar 29 °C dengan tingkat akurasi 98%.

Dari Gambar 4.1 untuk grafik konduktivitas diperoleh persamaan  $y = 2,0128x$ . dengan sumbu y adalah konduktivitas dan sumbu x adalah TDS. Dari persamaan tersebut dapat diketahui hubungan antara konduktivitas dan TDS larutan garam, bahwa nilai konduktivitas 2,0128 kali nilai TDS larutan. Berdasarkan persamaan  $y = 2,0128x$ , maka untuk menentukan nilai TDS larutan yaitu TDS sama dengan 0,496 kali nilai konduktivitas yang terukur dalam satuan μS (mikro Siemens). Nilai 0,496 ini adalah nilai faktor pengali untuk larutan garam, nilai ini sesuai kajian teori yaitu sekitar 0,5.

### B. Pengukuran TDS larutan dengan AWr\_88

Selain digunakan untuk mengukur resistivitas dan konduktivitas, AWr\_88 juga dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi larutan atau TDS. Berikut adalah

hasil rata-rata pengukuran TDS dengan AWr\_88 dengan pengambilan data sebanyak 20 kali.

**Tabel 2.** Hasil pengukuran TDS dengan AWr\_88 dan TDS Meter 3

TDS Meter 3	TDS (ppm)	
	AWr_88	$\Delta$ TDS%
23	23,16	0,70
59	59,36	0,62
94	95,13	1,20
295	295,54	0,18
470	476,71	1,43
545	537,77	1,33
731	734,72	0,51

Dari tabel 2. terlihat nilai pengukuran TDS dalam larutan dengan menggunakan AWr\_88 dan TDS Meter 3. Dari tabel tersebut secara keseluruhan TDS yang terukur oleh AWr\_88 selalu memiliki nilai yang lebih tinggi dari TDS Meter 3. Pada konsentrasi 545 ppm nilai yang terukur oleh AWr\_88 ialah 537,77 ppm, hal tersebut karena ada kotoran pada elektroda elektrode sehingga nilai TDS yang terukur turun. Namun secara keseluruhan pengukuran dengan AWr\_88 menunjukkan nilai yang cukup baik untuk pengukuran TDS dari 23 ppm sampai 731 ppm dengan kesalahan relative terbesar 1,43%.

## PENUTUP

### Simpulan

Kajian fisika tentang Hukum Ohm dapat diterapkan dalam pengukuran resistivitas dan konduktivitas larutan, dengan menggunakan sensor empat elektroda perak.

AWr\_88 alat pengukur konduktivitas dari hasil penelitian ini dapat digunakan untuk mengukur resistivitas dan konduktivitas pada rentang konsentrasi 23 ppm sampai 731 ppm dan pada suhu 29°C.

Hubungan resistivitas berbanding terbalik dengan konduktivitas, dan hubungan konduktivitas berbanding lurus dengan konsentrasi larutan. Semakin tinggi konsentrasi maka konduktivitas juga semakin tinggi.

### Saran

Ada beberapa kendala saat melakukan penelitian ini, sehingga ada hal-hal yang perlu diperlu diperhatikan, diantaranya pentingnya mengetahui dan memilih kontanta sel elektroda yang sesuai, karena nilai konstanta sel sangat berpengaruh pada hasil pengukuran resistivitas, konduktivitas dan juga TDS, selain itu konstanta sel memiliki rentang pengukuran konduktivitas tersendiri.

Untuk itu perlu memilih elektroda yang tepat sebelum melakukan penelitian dan pengukuran.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, H. 2008. *Pemrograman Mikrokontroler AVR ATMEGA 16 Menggunakan Bahasa C (CodeVision AVR)*. Informatika. Bandung.
- Aquarius Technologies Pty, Ltd. 2002. *Electrolytic Conductivity Measurement Theory & Application*. Aquarius Technical Bulletin - No. 08: halaman 3-4. Coopers Plains.
- Bevilacqua, A, C. 1998. *Ultrapure Water- The Standard Resistivity Measurement of Ultrapure Water*. Thorton Associates. Massachusetts.
- National Semiconductor. 1995. *National Application Specific Analog Products*. National Semiconductor. Germany.
- Robah, A, M. 2010. *Perancangan Alat Ukur Konduktivitas Pada Proses Penyulingan Air Garam Untuk Konsumsi Air Minum*. Jurusan Fisika Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Malang.
- Radiometer Analytical. 2004. *Conductivity Theory and Practice*. Radiometer Analytical SAS. France.
- Scholten, Mark. 2003. *Leds Constans Current Source Scheme Theory of Operation*. Semiconductor Components Industries.LLC.
- Understanding Low Conductivity / High Resistivity Measurements. <http://www.eutechinist.com/tips/contds/11.pdf/d akses> 11, Januari, 2014).
- Utomo, D. 2012. *Alat pengukur resistansi konduktivitas. dan Total dissolved solids air dengan Teknik dorong-tarik*. Program Studi Sistem Komputer. Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer. Universitas Kristen Satya Wacana. Salatiga. [www.atmel.com](http://www.atmel.com). Atmel corporatin.