

PEMANFAATAN MIKROKONTROLER DALAM PENGEMBANGAN INSTRUMEN UKUR KONDUKTIFITAS UNTUK ANALISIS KUALITAS AIR (UTILIZATION OF MICROCONTROLLER FOR DEVELOPING CONDUCTIVITY MEASURING INSTRUMENT FOR WATER QUALITY ANALYSIS)

A. S. Primaswara, N. Neran, dan S. Siswoyo*)

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121

*)Corresponding Author: siswoyo@unej.ac.id

Abstrak

Salah satu upaya pemantauan kualitas air adalah dengan melakukan analisis terhadap konduktifitas atau daya hantar listrik dari sampel air. Saat ini alat ukur yang banyak digunakan masih berasal dari pabrik dengan harga yang relatif mahal sehingga ketersediannya dalam laboratorium universitas sangat terbatas dan sangat tergantung dari pabrik yang dimaksud. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan instrumen pengukur konduktifitas air dengan memanfaatkan mikrokontroler dan mengintegrasikannya dengan sensor daya hantar listrik, guna menentukan analisa kualitas air. Penelitian dilaksanakan dalam empat tahap yaitu pembuatan perangkat keras, pembuatan perangkat lunak, pengkalibrasian instrumen dilanjutkan dengan uji pengukuran terhadap sampel air dibandingkan dengan instrumen standar pembandingan, dan analisis data yang diperoleh. Standar konduktifitas menggunakan larutan KCl pada konsentrasi 0,001 M sampai 0,01 M. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa instrumen berbasis mikrokontroler ini mempunyai kemampuan range pembacaan daya hantar listrik air antara 0,209 mS sampai dengan 1,468 mS sesuai dengan range standarisasi KCl, dengan nilai prosentasi akurasi pengukuran sebesar 92,8%, dan nilai presisi K_v dibawah 5%. Tidak terdapat perbedaan hasil pengukuran yang signifikan jika dibandingkan dengan hasil pengukuran instrumen standar.

Kata Kunci: daya hantar listrik, kualitas air, mikrokontroler, instrumen pengukur

Abstract

One effort in water quality monitoring is analyzing conductivity of water sample. Currently the conductivity measuring instruments mostly supplied by manufacturer with relatively high cost, therefore their availability in university laboratory are limited and very dependent to the manufacturer. This study was aimed to develop the conductivity measuring instrument for water by using a microcontroller integrated to a conductivity sensor. The study was implemented into four steps namely, hardware development, software development, instrument calibration followed by sample measurement-compared to a standard instrument and data analysis. Solution of KCl was used as standard conductivity solution in a range of 0.001 – 0.01M. Result of the study has shown that the microcontroller based instruments able to work on water conductivity between 0.209 mS – 1.468 mS, with percent accuracy of 92.8% and variation coefficient 5%. There was no significant difference if compared to the measurement result obtained by standard instrument.

Keywords: electrical conductivity, water quality, microcontroller, measuring instruments

PENDAHULUAN

Air merupakan suatu pelarut yang memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia seperti garam-garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan banyak macam molekul organik sehingga sering disebut sebagai pelarut universal. Air mampu melarutkan baik yang berbentuk ion maupun berbentuk molekul. Kemampuan air untuk melarutkan bermacam zat kimia dalam berbagai derajat tersebut merupakan kekhawatiran utama dari permasalahan pencemaran air [1].

Usaha pemantauan kualitas air harus selalu dilakukan dengan cara melakukan pengukuran terhadap beberapa parameternya. Salah satu parameter kualitas air

yang berhubungan dengan zat yang terlarut dalam air adalah parameter daya hantar listrik atau konduktifitas, yaitu kemampuan air dalam menghantarkan listrik yang disebabkan oleh partikel-partikel terlarut dalam air[2]. Daya hantar listrik merupakan gambaran numerik dari kemampuan larutan untuk meneruskan arus listrik[3]. Menurut Arrhenius, hantaran listrik larutan disebabkan oleh partikel bermuatan atau ion yang terkandung di dalam larutan tersebut. Selain parameter kualitas air, konduktifitas juga merupakan parameter yang penting untuk diketahui dalam menilai kualitas tanah pertanian[4].

Mengingat alat ukur daya hantar listrik sampel air yang digunakan masih berasal dari pabrik sehingga ketersediaan alat masih sangat tergantung terhadap produk dari pabrik. Selain itu, dengan harga alat yang mahal,

mengakibatkan ketersediaannya juga terbatas terutama dalam laboratorium untuk kalangan universitas. Oleh karena itu perlu upaya untuk mengembangkan instrumentasi pengukuran konduktifitas air di lingkungan laboratorium kimia. Hal ini sejalan dengan kegiatan pengembangan instrumentasi yang dilakukan kelompok peneliti kami sebagai upaya meningkatkan kelengkapan dan kemampuan laboratorium[5,6].

Saat ini pengembangan instrumen pengukuran semakin dipermudah dengan kemajuan teknologi elektronik dengan semakin terjangkaunya harga suatu mikrokontroler yang merupakan miniatur sebuah mikro prosesor. Mikrokontroler merupakan sebuah komponen elektronik terintegrasi yang biasanya menjadi bagian dari sebuah *embedded system* (sistem yang didesain untuk melakukan satu atau lebih fungsi khusus)[7].

Penelitian ini merupakan upaya untuk memanfaatkan mikrokontroler dalam bidang kimia analisis, yaitu sebagai satuan unit terintegrasi dengan sensor daya hantar listrik yang nantinya disebut Mikrokontroller Unit (MCU).

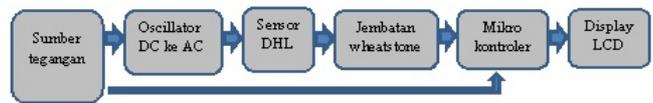
METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dalam empat tahap yaitu pembuatan perangkat keras, pembuatan perangkat lunak, mengkalibrasi alat MCU dan uji analisis data.

- (1) Pembuatan perangkat keras yang terdiri dari power supply, sensor daya hantar listrik, rangkaian pengukur daya hantar listrik, konfigurasi rangkaian mikrokontroler dengan LCD 2x16.
- (2) Pembuatan perangkat lunak untuk mengubah kedalam nilai DHL dilakukan dengan cara mengintegrasikan terhadap sistem minimum dari mikrokontroler ATmega8535. Dengan menggunakan persamaan standarisasi untuk kemudian diubah kedalam satuan yang diinginkan yaitu daya hantar listrik (mS).
- (3) Melakukan kalibrasi terhadap larutan KCl 0,001; 0,002; 0,004; 0,006; 0,008 dan 0,01M. Digunakan beberapa titik karena jika hanya digunakan dua titik maka hasilnya akan linier.
- (4) Pengujian terhadap sampel air sumur, kran dan air PDAM yang dilakukan pagi dan siang hari, dan dibandingkan dengan alat konduktometer standart yang sudah dikalibrasi. Kemudian hasil pengukuran diuji;
 - a) Akurasi merupakan kemampuan suatu metode analisa untuk memperoleh nilai yang sebenarnya (ketepatan pengukuran). Akurasi diperoleh dengan menghitung persen *recovery*[8].
 - b) Presisi adalah suatu metode pengulangan percobaan yang dilakukan agar dihasilkan deviasi antara percobaan diperoleh sekecil mungkin. Dimana nilai pendekatan untuk satu kali pengulangan atau lebih yang berbeda diharapkan 95%[5].
 - c) Analisis data untuk menguji hasil dari metode analitik dengan membandingkan dua metode dapat menggunakan uji statistik salah satunya yaitu uji-t. Uji-t yang digunakan adalah uji t berpasangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pembuatan rangkaian daya hantar listrik berbasis MCU.

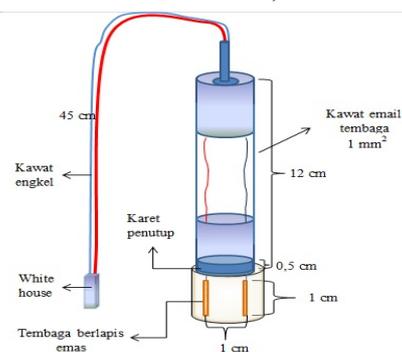


Gambar 1. Diagram Alir Rangkaian Alat MCU

Gambar 1 diatas menunjukkan gambaran umum dari proses pengukuran dengan menggunakan alat pengukur daya hantar listrik berbasis MCU. Rangkaian pertama adalah *power supply*, dimana digunakan untuk alat MCU ini terdiri dari dua macam. *Power supply* pertama yang digunakan untuk rangkaian daya hantar listrik, diperoleh dari baterai 9 volt kemudian distabilkan dengan IC regulator 7806. Hasil *output* dari IC regulator tersebut stabil dengan nilai 6,04volt. Selanjutnya sumber arus yang digunakan haruslah sumber arus yang memiliki frekuensi tinggi yaitu diatas 1000 Hz. Hal tersebut dimaksudkan untuk menghindari proses polarisasi sehingga digunakan alat yang dinamakan multivibrator. *Power supply* kedua, digunakan untuk rangkaian mikrokontroler ATmega8535 dan LCD.

Pada pengukuran dengan menggunakan sensor daya hantar listrik, proses polarisasi tidak diharapkan terjadi karena dapat mempengaruhi proses pengukuran. Sehingga sumber arus yang dialirkan pada sensor daya hantar listrik digunakan arus listrik bolak balik dengan frekuensi tinggi. Arus bolak-balik yang diberikan berfungsi untuk menghindari perpindahan ion secara penuh pada elektroda, dimana pada setiap siklus arus bolak-balik, polaritas terhadap elektroda dapat dibatalkan, yang pada akhirnya akan membalikkan arah aliran ion keluar elektroda. Sehingga tidak terjadi peristiwa polarisasi pada elektroda.

Untuk mengatasi hal tersebut digunakan alat pemberi frekuensi (*oscillator*). *Oscillator* yang digunakan *integrator circuit* (IC) tipe NE555. IC NE555 merupakan IC yang berfungsi mengubah tegangan sinyal input menjadi frekuensi pulsa output. Sehingga menghasilkan sinyal frekuensi sesuai dengan yang dibutuhkan. Untuk menghasilkan frekuensi, IC NE555 diset sebagai *multivibrator*. Rangkaian multivibrator IC NE555 menghasilkan frekuensi output sebesar 1229 Hz dengan V_{output} dari osilator NE555 adalah 3,49 volt.



Gambar 2. Elektroda Daya Hantar Listrik

Gambar 2 merupakan alat ukur daya hantar listrik yang merupakan bagian yang berhubungan langsung dengan sampel atau dapat disebut sebagai sel, dimana sel terdiri dari sepasang elektroda yang terbuat dari bahan yang sama. Elektroda daya hantar listrik terbuat dari logam tembaga yang dilapisi logam emas(Au) yang merupakan logam *inert*. Hal tersebut dikarenakan logam tembaga mudah teroksidasi dan reduksi, sehingga untuk menghindari peristiwa redoks maka digunakan logam *inert*.

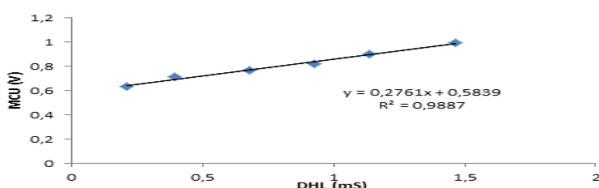
2. Mengubah nilai hambatan menjadi Daya Hantar Listrik

Dalam pengukuran daya hantar listrik dilambangkan dengan (σ) yang merupakan kebalikan dari tahanan ($1/R$), sehingga besarnya tahanan dapat diukur secara fisika dengan menggunakan jembatan wheatstone, dan kemudian daya hantarnya dapat dihitung. Data yang diperoleh pada penelitian ini berasal dari sensor daya hantar listrik yang terintegrasi dengan jembatan wheatstone. Akan tetapi untuk dapat diproses dalam mikrokontroler, input yang dibutuhkan berupa tegangan (Voltase), maka nilai R tersebut diubah menjadi V dengan jembatan wheatstone. Fungsi jembatan wheatstone tersebut untuk mengkonversi perubahan resistansi menjadi perubahan tegangan atau dengan kata lain dapat difungsikan sebagai transduser. Dimana pada jembatan wheatstone nilai perubahan tegangan besarnya proporsional dengan perubahan resistansi[9].

Nilai daya hantar dari larutan, dapat diukur dengan menentukan nilai R. Dalam rangkaian jembatan wheatstone tersebut dengan mengganti satu sisi resistor dengan menggunakan sensor daya hantar listrik (dalam rangkaian ini adalah R_2). Maka nantinya perubahan nilai resistansi dari jembatan wheatstone, akan mempengaruhi perubahan nilai beda potensialnya.

Kemudian dibuat persamaan standarisasi untuk dapat diubah kedalam satuan daya hantar listrik. Dengan range pengukuran antara KCl 0,001M sampai 0,01M. Dari persamaan kurva standarisasi tersebut selanjutnya akan diolah lebih lanjut kedalam mikrokontroler, sebagai konverter kedalam satuan daya hantar listrik(mS). Hal tersebut dilakukan dengan memasukkan input voltase kedalam nilai y, sedangkan nilai x sebagai hasil dari nilai DHL. Sehingga output akhir adalah nilai x yang ditampilkan dalam LCD dalam satuan miliSiemens(mS). Sehingga setiap perubahan nilai y (input voltase), maka nilai x (output daya hantar listrik) dari persamaan standarisasi juga akan ikut berubah.

3. Hasil Standarisasi terhadap KCl.



Gambar 3. Standarisasi Alat MCU terhadap beberapa konsentrasi Kcl

Gambar diatas merupakan hasil standarisasi terhadap alat konduktometer standart yang sudah dikalibrasi sebelumnya dengan menggunakan beberapa konsentrasi KCl yaitu 0,001; 0,002; 0,004; 0,006; 0,008, dan 0,01 M, kemudian dilihat responnya terhadap masing-masing konsentrasi KCl tersebut. Hasil pengukuran terhadap larutan KCl menunjukkan apabila semakin pekat konsentrasinya, nilai voltasenya meningkat. Hal tersebut dikarenakan dalam larutan KCl yang semakin pekat mengakibatkan kandungan ion-ion senyawa elektrolit yang menghantarkan elektron semakin banyak pula. Hal tersebut mengakibatkan nilai daya hantar listrik larutan akan semakin meningkat, begitupun sebaliknya.

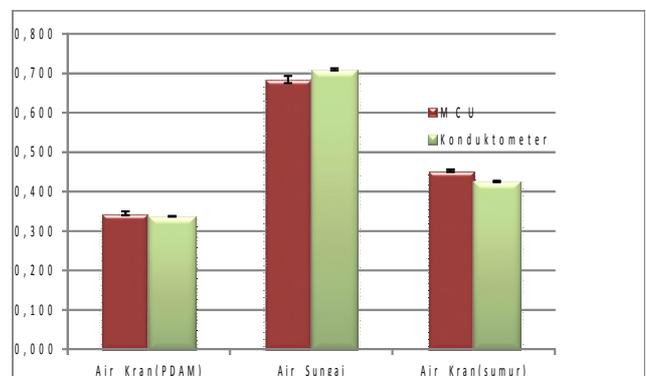
4. Hasil Pengujian Sistem Alat MCU

Hasil pembacaan alat MCU dibandingkan dengan alat konduktometer standar yang sudah dikalibrasi sebelumnya diukur terhadap satu jenis sampel, dengan cara memasukkan sensor bersamaan, kemudian hasilnya dibandingkan. Dimana terdapat perbedaan nilai pembacaan, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:



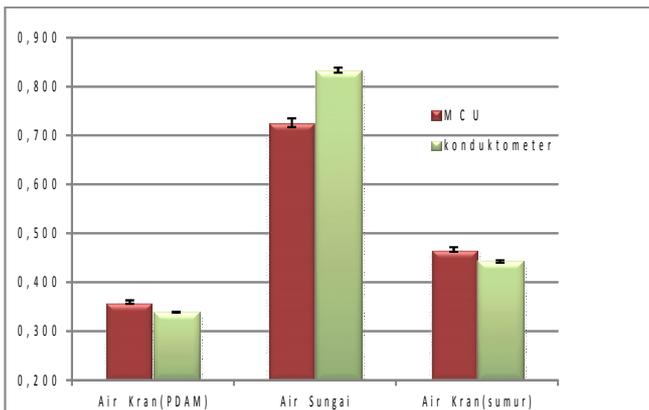
Gambar 4. Hasil Perbandingan antara Alat MCU dengan Konduktometer Standar.

Sedangkan hasil pengukuran nilai daya hantar listrik dilakukan terhadap variasi sampel air tanpa memperhatikan lokasi, musim dan teknik sampling. Sampel air yang digunakan seperti air kran yang berasal dari PDAM, air sumur dan air sungai. Waktu pengukuran sampel dilakukan pada pagi (05.30) dan siang (13.00). Adapun hasil pembacaan ditunjukkan pada grafik berikut:



Gambar 5. Perbandingan pengukuran sampel air hasil pengukuran Alat MCU dengan Konduktometer pada pukul 06.00

Gambar diatas merupakan pembacaan nilai DHL yang dihasilkan oleh alat MCU pada pagi hari untuk sampel air PDAM dan sumur adalah 0,345 dan 0,453 mS, untuk air sungai rata-ratanya 0,684 mS. Sedangkan konduktometer air PDAM dan sumur adalah 0,337 dan 0,425 mS, untuk air sungai adalah 0,710 mS. Tingginya nilai DHL pada air sungai dikarenakan pada air sungai banyak terdapat zat-zat kimia yang mungkin terlarut dalam air sehingga mengakibatkan nilai DHLnya jauh lebih tinggi. Sedangkan pada siang hari hasil pengukuran ditunjukkan pada grafik berikut:



Gambar 6. Perbandingan pengukuran sampel air hasil pengukuran Alat MCU dengan Konduktometer pada pukul 13.00.

Sedangkan gambar diatas merupakan hasil pengukuran siang hari menunjukkan alat MCU air kran, sungai dan sumur adalah 0,359; 0,726 dan 0,467 mS. Sedangkan rata-rata pembacaan konduktometer secara berturut-turut adalah 0,339; 0,833 dan 0,442 mS. Hasil pengukuran pada pagi dan siang hari tersebut menunjukkan perbedaan nilai temperatur pada air, hal tersebut dikarenakan peningkatan temperatur air akan mempengaruhi nilai daya hantar listrik. Disebabkan partikel-partikel ion akan menerima energi (panas) sehingga mengakibatkan aliran elektron bergerak lebih cepat dan meningkatkan nilai DHL. Peningkatan nilai DHL, akan mempengaruhi kualitas dari sumber air yang diperbolehkan untuk dikonsumsi.

5. Analisis Data

a. Akurasi

Uji akurasi alat MCU dilakukan pada sampel air dengan pengulangan pengukuran sebanyak 3 kali dan dibandingkan dengan alat konduktometer, diperoleh nilai akurasi adalah 92,8 %. Hal tersebut dapat disebabkan beberapa faktor seperti noise. Noise dapat berasal dari sifat fisik sistem-sistem elektrik dari komponen elektronik.

b. Presisi

Uji kepresisian dilakukan pada sampel air dengan pengulangan pengukuran sebanyak 3 kali dan diperoleh nilai Kv kurang dari 5 % sehingga dapat dikatakan respon alat MCU memiliki kepresisian yang baik.

c. Uji beda dengan menggunakan Uji-T

Uji beda dengan menggunakan metoda uji-T dilakukan dengan membandingkan antara alat MCU dengan alat Konduktometer standar. Didapatkan hasil uji-T nilai $t_{eksperimen} < t_{tabel}$ sehingga dapat dikatakan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara kedua alat pengukuran.

KESIMPULAN

Alat pengukuran daya hantar listrik berbasis mikrokontroler berhasil dibuat dalam satu unit sistem dengan range pengukuran antara KCl 0,01M sampai dengan 0,001M. Hasil pengukuran ditampilkan dalam LCD dengan satuan mSiemens. Alat ini memiliki nilai presisi dengan Kv dibawah 5%. Dan nilai akurasi sebesar 92,8%. Sedangkan untuk uji T didapatkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara alat MCU dengan konduktometer standart. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, sebaiknya tingkat ketelitian pembacaan alat lebih ditingkatkan mengingat range nilai DHL yang lebar, sehingga setiap perubahan nilai daya hantar dapat diukur dengan baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

ASP berterima kasih kepada Bapak Tri Mulyono, M.Si. dan Ibu Tanti Haryati M.Si., yang banyak memberikan kritik, dan saran dalam penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Brady, J. *Kimia Universitas Azas & Struktur*. Jakarta: Binarupa Aksara. 1999.
- [2] Effendi, H. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius. 2003.
- [3] Hendayana, S. *Kimia Analitik Instrumen Edisi Kesatu*. Semarang: IKIP Semarang Press. 1994.
- [4] Corwin, D.L., Lesch, S.M. (2003). Application of soil electrical conductivity to precision agriculture, *Agronomy Journal*, 95(3), 455-71.
- [5] Siswoyo, Implementasi teknik linear sweep voltammetry untuk polarisasi sensor gas dengan potensiostat sederhana berbasis operational amplifier, SENAKI VI 10 Agustus 2004 ITS Surabaya
- [6] Kholis, E. A., Siswoyo, S., & Mulyono, T. (2006). Pemanfaatan paralel port mikrokomputer untuk pengukuran simultan empat parameter kualitas air, *Jurnal Kimia Lingkungan*, 7(2), 108-118.
- [7] Andrianto, H. *Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega 16*. Bandung: Informatika Bandung. 2008.
- [8] Caulcutt, R. *Statistic for Analytical Chemist*. London: Chapman and Hall. 1995
- [9] Adi, A.N. *Mekatronika*. Yogyakarta: PT. Graha Ilmu. 2010.