

## RANCANG BANGUN INSTRUMEN *URINE ANALYZER SYSTEM* BERBASIS RESISTANSI BAGI ANALISIS GANGGUAN FUNGSI GINJAL

Frida Agung Rakhmadi<sup>1</sup>, Karmanto<sup>2</sup>, Ika Nugraheni Ari Martiwi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

<sup>2</sup>Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

<sup>3</sup>Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Jl. Marsda Adisucipto Yogyakarta 55281, Telp. (0274) 519739

Email: frida.rakhmadi@uin-suka.ac.id<sup>1</sup>, karmanto@uin-suka.ac.id<sup>2</sup>, ika.martiwi@uin-suka.ac.id<sup>3</sup>

### Abstrak

*Penyakit gagal ginjal kronik merupakan keadaan klinis kerusakan ginjal yang progresif dan irreversibel yang berasal dari berbagai penyebab penyakit. Penyakit gagal ginjal kronik di Indonesia memiliki angka prevalensi yang sangat tinggi. Monitoring fungsi ginjal secara teratur penting untuk pencegahan dan deteksi dini penyakit gagal ginjal kronik. Monitoring fungsi ginjal dapat dilakukan dengan metode urinalisis. Metode urinalisis yang umum digunakan saat ini adalah metode urinalisis secara kimiawi dan biologi. Penggunaan sensor sebagai instrument analisis urin untuk mendeteksi kesehatan ginjal memiliki potensi besar untuk diteliti dan dikembangkan mengingat keterbatasan-keterbatasan metode urinalisis secara kimiawi dan biologi yang ada saat ini, oleh karenanya penelitian ini difokuskan pada design atau rancang bangun sensor pembagi tegangan berbasis resistansi serta kajian sensitifitas dan presisi sensor. Secara garis besar penelitian rancang bangun instrumen urine analyzer system berbasis resistansi bagi keperluan analisis gangguan fungsi ginjal dilakukan dalam dua tahapan yakni tahap pembuatan sensor dan uji karakteristik sensor. Uji karakteristik sensor yang dilakukan berupa uji karakteristik statis yang meliputi fungsi transfer beserta faktor korelasinya, sensitifitas, akurasi, dan presisi. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa fungsi transfer dari sensor yang telah dibuat adalah eksponensial dengan faktor korelasi ( $r$ ) sebesar  $-0,942$ . Uji sensitifitas sensor menunjukkan bahwa sensor memiliki sensitifitas sebesar  $-2,58 \times 10^{-7} V/\Omega$  dengan kategori baik, sedangkan uji presisi sensor menunjukkan angka presisi 92,01%.*

**Kata kunci:** urine analyzer, sensor pembagi tegangan

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu dari lima negara dengan jumlah populasi penduduk terbesar di dunia. Berdasarkan laporan Hasil Survey Penduduk Antar Sensus 2015, jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2015 adalah 254,9 juta jiwa (BPS, 2015). Dari jumlah tersebut, 11,85% diantaranya adalah penduduk miskin (BPS, 2015).

Salah satu permasalahan klasik dari kemiskinan adalah masalah kesehatan. Tidak dipungkiri bahwa kesehatan dan pengobatan identik dengan biaya mahal. Terdapat 10 penyakit dengan biaya pengobatan termahal di dunia, yakni penyakit mental, penyakit jantung, trauma, kanker, penyakit paru-paru, hipertensi, osteoarthritis, sakit punggung, penyakit ginjal, dan diabetes Ulfah, 2009).

Salah satu penyakit dengan biaya pengobatan termahal di dunia adalah penyakit ginjal. Menurut Ulfah (2009), mahalnya biaya pengobatan penyakit ginjal dikarenakan penggunaan teknik dialisis. Padahal, teknik ini banyak sisi negatifnya antara lain dapat menyebabkan, kehilangan zat gizi seperti protein, anemia, dan trauma pada pasien terapi (Go dkk., 2004). Biaya penanganan penyakit ini di Amerika telah menghabiskan dana hingga mencapai US\$ 35,9 miliar per tahun (Ulfah, 2009). Di Indonesia, pengobatan penyakit ginjal juga membutuhkan biaya yang tidak sedikit. Hemodialisis (cuci darah) yang dilakukan 2 kali dalam sepekan selama setahun memerlukan biaya 50-80 juta, sedangkan jika menggunakan teknik cuci darah lewat perut atau CAPD (*Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis*)

memerlukan biaya 50-75 juta per tahun (belum termasuk biaya pemasangan kateter 10 juta) (Wahyuningsih, 2012)

Biaya pengobatan penyakit ginjal tersebut akan membengkak manakala sudah kronis. Penyakit Gagal Ginjal Kronik (PGK) merupakan keadaan klinis kerusakan ginjal yang progresif dan irreversibel yang berasal dari berbagai penyebab penyakit (Price & Wilson, 2005). Seseorang dinyatakan mengalami PGK, bila ginjal mengalami penurunan fungsi Laju Filtrasi Glomerulus (LFG) dibawah 60 mL/min/1.73m<sup>2</sup> dengan atau tanpa kerusakan ginjal (NKF DOQI, 2002). Berdasarkan nilai LFG-nya, PGK diklasifikasikan menjadi 5 stadium sebagaimana diperlihatkan oleh Tabel 1 berikut.

**Tabel 1. Stadium Penyakit Gagal Ginjal Kronik (PGK)**

Stadium	Kategori Penyakit Ginjal	Nilai LFG
1	Normal	≥ 90
2	Ringan	60 – 89
3	Sedang	30 – 59
4	Berat	15 – 29
5	Gagal Ginjal	< 15

Pemantauan rutin fungsi kerja ginjal sejak dini dapat mencegah kasus PGK ke stadium yang lebih parah sebagaimana dikemukakan pakar nefrologi Dr. dr. Parlindungan Siregar SpPD-KGH, yang menyatakan bahwa pencegahan PGK dapat dilakukan dengan 6 cara yakni: membiasakan pola hidup sehat, melakukan monitoring tekanan darah dan gula darah secara teratur, menghindari obesitas, mengkonsumsi air putih secara cukup, dan memonitor fungsi ginjal secara teratur.

Monitoring fungsi ginjal secara teratur penting untuk dilakukan, terutama jika memiliki faktor risiko di dalam keluarga, seperti hipertensi dan diabetes. Hal ini dikarenakan PGK merupakan "*The Silent Disease*", dimana penderita PGK akan tidak merasakan keluhan berarti pada awal-awal stadium namun mereka akan sangat terkejut saat keluhan sakit yang cukup serius tiba-tiba dirasakan dan dinyatakan telah memasuki stadium 4 atau 5 sehingga harus melakukan terapi cuci darah atau transplantasi ginjal.

Monitoring fungsi ginjal dapat dilakukan dengan cara test fungsi ginjal. Test fungsi ginjal berguna untuk mengetahui ada tidaknya kerusakan pada ginjal serta derajat kerusakannya. Suatu test fungsi ginjal dikatakan ideal apabila memenuhi teknik pelaksanaannya dan penentuan hasilnya mudah, tidak menggunakan bahan beracun, cukup peka untuk mengetahui adanya kerusakan ginjal, menggunakan bahan-bahan yang bersifat endogen, dan bila dilakukan secara serial akan dapat menggambarkan prognosis penyakit. Test fungsi ginjal dilakukan guna mendeteksi kelainan bagian-bagian pada organ ginjal seperti glomerulus, tubulus, dan vaskulir. Test klirens kreatinin maupun test klirens urea dilakukan untuk mendeteksi kelainan pada glomerulus. Test konsentrasi atau test kepekatan urin dilakukan untuk analisis kelainan di tubulus. Test ekskresi PSP, klirens PSP, dan klirens PAH dilakukan untuk mendeteksi kelainan pada vaskulair. Kelemahan test klirens kreatinin, test klirens urea, dan klirens PSP, adalah pada penggunaan jarum suntik baik untuk pengambilan sampel darah maupun injeksi bahan. Hal ini akan menyebabkan pasien yang trauma terhadap jarum suntik akan mengalami kesulitan untuk ditest dengan metode ini.

Selain beberapa test di atas, telah dikembangkan cara diagnosa penyakit ginjal berbasis sistem pakar. Sistem pakar adalah *software* dalam sistem cerdas yang meniru pakar dalam menyelesaikan masalah. Sulistyohati dan Hidayat (2008) serta Rismawati (2013) mengembangkan sistem pakar untuk diagnosa penyakit ginjal dengan metode *demster-shafer*. Sementara itu, Tarigan (2014) mengembangkan sistem pakar untuk diagnosa penyakit ginjal dengan metode *backward chaining*. Kelemahan cara ini adalah harus tersedia data tentang

penyakit ginjal terlebih dahulu. Dengan kata lain, cara ini ini tidak terhubung langsung dengan alat (sistem akuisisi data).

Selain itu, juga telah dikembangkan cara diagnosa penyakit ginjal berbasis metode lain. Sobrinho *et al.* (2012) telah mengembangkan MultCare, yakni cara diagnosa penyakit ginjal menggunakan komunikasi tanpa kabel dan *colored petri nets* (CPN). menggunakan eGFR (*estimation of glomerular filtration rate*) dan albuminuria. Adapun Blumental *et al.* (2016) menggunakan spektrometri massa untuk mendeteksi gangguan ginjal berbasis parameter kadar logam.

Alternatif lain metode untuk menguji kinerja ginjal adalah dengan cara analisis urin atau urinalisis. Urinalisis adalah suatu metode pemeriksaan urin untuk sifat fisik tertentu seperti, zat terlarut, sel, endapan, kristal, organisme, maupun partikulat. Kelebihan metode urinalisis adalah lebih mudah dan tidak mengganggu kenyamanan pasien karena tidak menggunakan jarum suntik. Urinalisis sering digunakan untuk analisis kadar glukosa, protein, bilirubin, badan keton, bahkan hemoglobin dalam air seni. Metode urinalisis yang umum digunakan saat ini adalah metode urinalisis secara kimiawi dan biologi. Salah satunya adalah metode *AKIRisk Score* yang dikembangkan oleh Uettwiller-Geiger *et al* (2016). Kelemahan metode urinalisis secara kimiawi dan biologi terletak pada penggunaan berbagai alat dan preparasi bahan yang kompleks dan rumit, di sisi lain penggunaan reagen dan bahan kimia sisa hasil pengujian juga berdampak pada bertambahnya jumlah dan jenis limbah medis yang dihasilkan sehingga akan menambah permasalahan pencemaran lingkungan.

Penelitian pengembangan instrumen sistem sensor berbasis resistansi dan mikrokontroler arduino uno sebagai *urine analyzer*, diharapkan dapat melengkapai kekurangan dalam metode urinalisis yang ada saat ini. Teknologi sensor dalam pengujian kualitas urin memiliki kelebihan tersendiri, dimana proses analisis dapat dilakukan dengan lebih mudah, murah, cepat, efisien, non traumatik, dan yang lebih penting adalah jumlah dan jenis limbah medis yang dihasilkan relatif sedikit karena hanya menggunakan sampel urin saja dalam prosedur analisisnya.

## METODE PENELITIAN

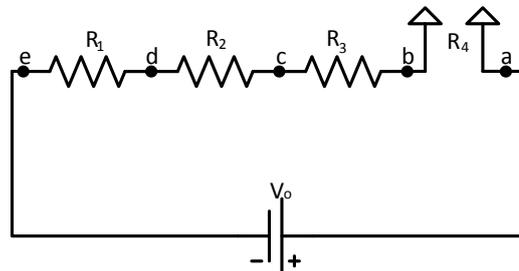
Penelitian rancang bangun instrumen *urine analyzer system* berbasis resistansi bagi analisis gangguan fungsi ginjal dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahapan prosedur penelitian tersebut ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Prosedur Penelitian

## Pembuatan Sensor dan Karakterisasinya

Pembuatan dan Karakterisasi Sensor Resistansi dilakukan melalui dua tahapan yaitu pembuatan sensor dan karakterisasi sensor. Sensor resistansi dibuat dengan memanfaatkan prinsip rangkaian pembagi tegangan sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian pembagi tegangan sebagai sensor

Rangkaian pembagi tegangan yang digunakan dalam penelitian ini memanfaatkan tegangan DC sebesar 5 V. Tiga buah resistor ( $R_1$ ,  $R_2$  dan  $R_3$ ) digunakan dalam penelitian ini, sedangkan pada titik resistor yang keempat ( $R_4$ ) dihubungkan dengan obyek yang diukur resistansinya. Nilai  $R_1$  dan  $R_3$  ditentukan dengan melakukan variasi pada kedua resistor tersebut berdasarkan persamaan (1).

$$V_{de} = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} V_0 \quad (1)$$

### Karakterisasi Sensor

Karakterisasi sensor dilakukan agar sensor resistansi yang telah dibuat dapat digunakan secara optimal sebagai *urine analyzer*. Karakterisasi sensor yang dilakukan adalah karakteristik statis meliputi fungsi transfer beserta faktor korelasinya, sensitifitas, akurasi, dan presisi. Masing-masing karakteristik tersebut dijelaskan secara garis besar sebagai berikut.

- a. Fungsi transfer beserta faktor korelasinya.

Fungsi transfer dari sensor diperoleh dengan cara membuat grafik hubungan antara resistansi dan tegangan. Nilai resistansi diplot pada sumbu x, sedangkan nilai tegangan diplot pada sumbu y. Sementara itu, faktor korelasinya dihitung menggunakan persamaan (2).

$$r_{xy} = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n\sum y^2 - (\sum y)^2}} \quad (2)$$

- b. Sensitivitas

Karakteristik sensitifitas dari sensor diketahui melalui persamaan (3).

$$b = \frac{n\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (3)$$

- c. Presisi

Kepresisian sensor resistansi yang telah dibuat dihitung melalui persamaan (4).

$$\text{Presisi} = 100\% - \text{Ketidakpresisian} \quad (4)$$

Dimana ketidakpresisian diperoleh dari persamaan (5)

$$\overline{\Delta x_r} = \frac{\Delta x}{x} \times 100\% \quad (5)$$

$\Delta x$  adalah deviasi yang dinyatakan dengan persamaan (6)

$$\Delta x = \sqrt{\frac{\sum_i^n (\delta x_i)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad (6)$$

$\Delta x_i$  adalah deviasi standar yang dirumuskan dalam persamaan (7).

$$\delta x_i = x_i - \bar{x} \quad (7)$$

### **Pembuatan Sistem Akuisi Data dan Karakterisasinya**

Sistem akuisisi data dibuat dengan menggabungkan antara sensor resistansi yang telah dibuat dan mikrokontroler arduino uno. Selanjutnya, sistem akuisisi data diuji tingkat akurasi dan presisinya.

### **Pembuatan Sampel**

Sampel yang digunakan berupa aquadest, kreatinin, dan urin manusia.

### **Pengambilan Data dari Sampel Menggunakan Sistem Yang Telah Dibuat dan Alat Standar**

Pengambilan data dari sampel bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem akuisisi data yang telah dibuat. Pengambilan data juga dilakukan menggunakan alat standar yang telah ada.

### **Pengolahan Data Sampel**

Pengolahan data bertujuan untuk mengetahui korelasi antara hasil ukur dari sistem akuisisi data yang telah dibuat dengan hasil ukur dari alat standar. Untuk mengetahui korelasinya, dihitung menggunakan faktor korelasi.

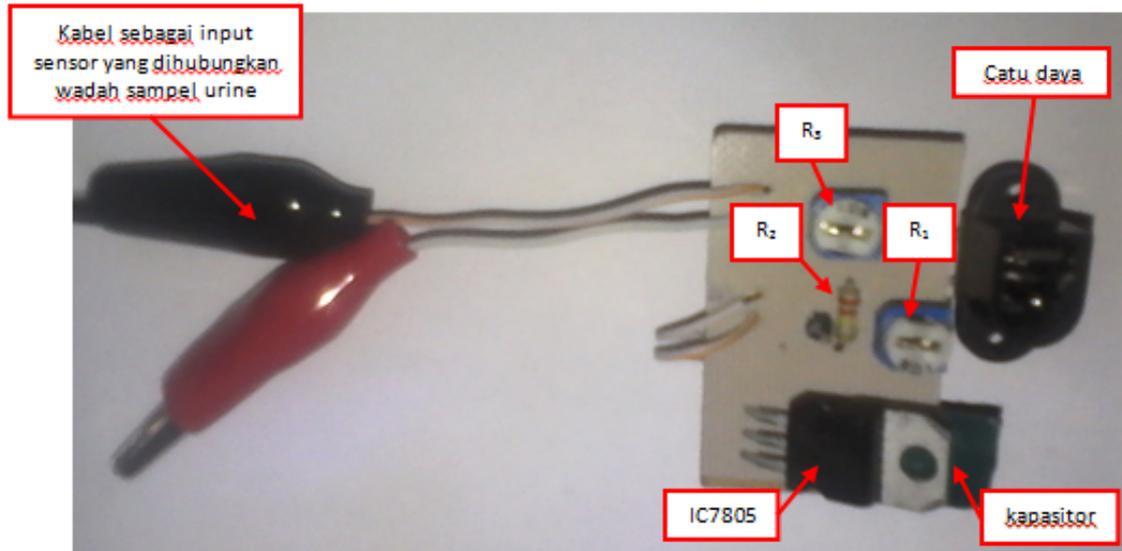
## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Pembuatan Sensor Resistansi**

Pembuatan sensor diawali dengan merangkai sistem minimum sensor. Sistem minimum sensor yang dibuat terdiri dari kapasitor, IC 7805, resistor dan trimmer. Variasi nilai  $R_1$  dan  $R_3$  diatur sedemikian rupa sehingga nilai  $V_{cd}$  mendekati 0 V untuk  $R_2 = 330k\Omega$  dan  $R_4 = 1 M\Omega$  serta nilai  $V_{cd}$  mendekati 5 V untuk  $R_4 = 34 \Omega$ . Ilustrasi rangkain sensor selengkapnya ditunjukkan pada Gambar 3. sensor resistansi yang telah dibuat tersusun atas beberapa komponen, yakni: kapasitor keramik, resistor tetap, resistor variabel, dan IC 7805. Sensor tersebut menggunakan prinsip pembagi tegangan, yakni memanfaatkan tiga buah resistor ( $R_1$ ,  $R_2$ , dan  $R_3$ ) yang ditetapkan dahulu besarnya.  $R_1$ ,  $R_2$ , dan  $R_3$  diatur sedemikian rupa sehingga nilai tegangan keluaran dari sensor minimal adalah 0 volt dan maksimal 5 volt. Tegangan

output dari sensor yang bernilai antara 0 – 5 volt, nantinya akan menjadi input bagi mikrokontroler dalam pembuatan *urine analyzer*.

Berdasarkan perhitungan hasil uji coba, diketahui bahwa nilai  $R_1$ ,  $R_2$ , dan  $R_3$  yang digunakan berturut-turut yakni sebesar 1,009 M $\Omega$ , 330 k $\Omega$ , dan 34  $\Omega$ . Dengan demikian, untuk  $R_4$  sebesar 0.5 M $\Omega$  maka nilai tegangan  $V_{de} = 2,74$  V, sedangkan untuk  $R_4$  sebesar 2 M $\Omega$  maka nilai tegangan minimal,  $V_{de} = 1,51$  V. Dengan demikian output tegangan sensor resistansi yang akan masuk ke mikrokontroler adalah 1,51 V – 2,74 V.

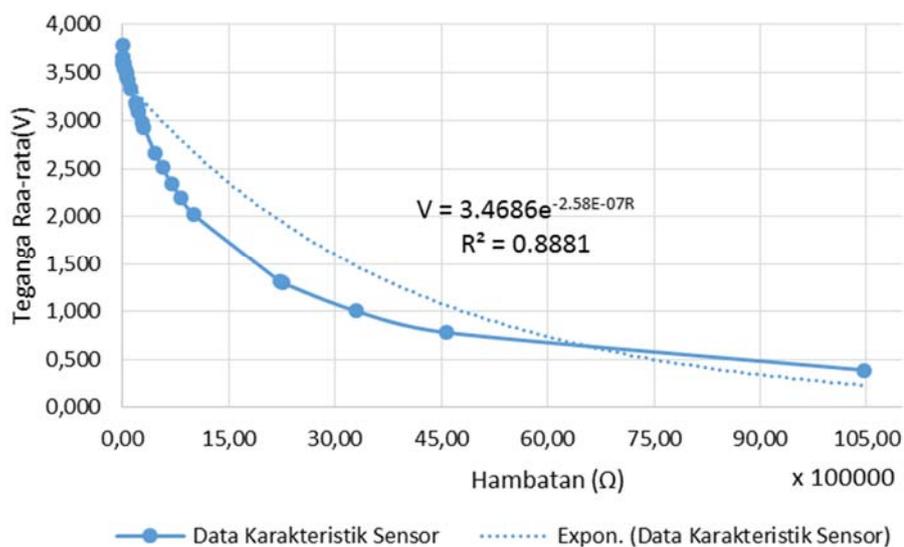


Gambar 3. Sensor resistansi yang telah dibuat

### Karakterisasi Sensor Resistansi

Sensor resistansi yang telah dibuat memiliki fungsi transfer  $V = 3.4686e^{-2.58 e-07R}$  dengan faktor korelasi sebesar  $r_{rs} = -0.942$ . Fungsi transfer sensor selengkapnya ditampilkan pada Gambar 4.

Grafik Karakteristik Sensor

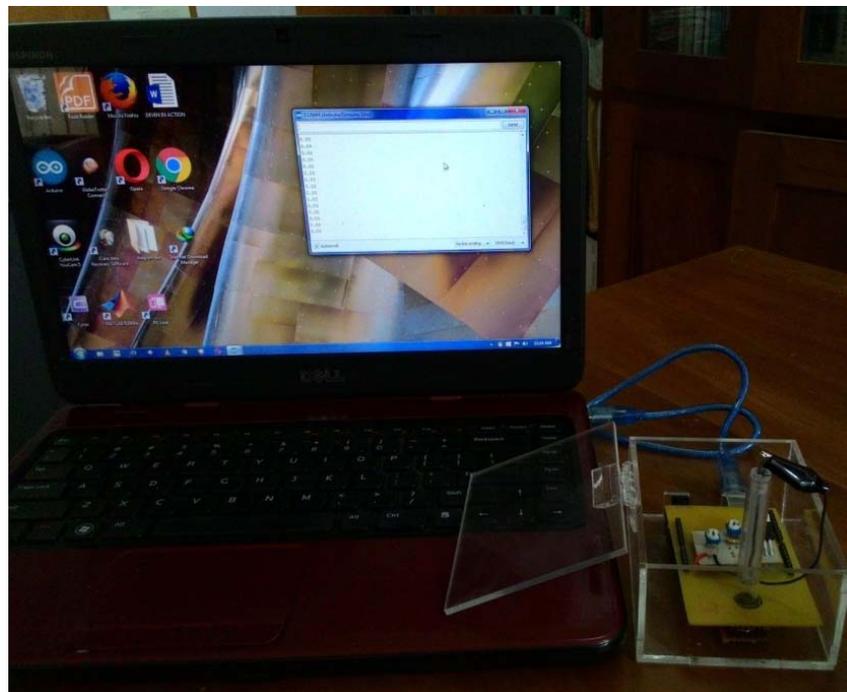


Gambar 4. Fungsi transfer dari sensor resistansi yang telah dibuat dan faktor korelasinya

Fungsi transfer dari sensor yang telah dibuat adalah eksponensial (Fraden, 2005). Fungsi transfer tersebut mempunyai faktor korelasi ( $r$ ) sebesar  $-0,942$ . Faktor korelasi tersebut menunjukkan bahwa antara hambatan ( $R$ ) dan tegangan ( $V$ ) mempunyai hubungan sangat kuat (Sugiyono, 2007). Adapun tanda negatif ( $-$ ) pada faktor korelasi tersebut memberikan informasi bahwa pengaruh resistansi terhadap tegangan adalah berbanding terbalik. Selanjutnya, dari fungsi transfer yang telah diperoleh ( $V = 3.4686e^{-2.58 e^{-0.7R}}$ ) dapat diketahui sensitifitasnya. Sensitifitas sensor yang telah dibuat sebesar  $-2,58 \times 10^{-7} \text{ V}/\Omega$ . Artinya, sensor resistansi yang telah dibuat mengalami penurunan tegangan sebesar  $2,58 \times 10^{-7} \text{ V}$  tiap inputnya (resistansi) berubah sebesar  $1 \Omega$ . Atau jika resistansinya berubah sebesar  $1 \text{ M}\Omega$ , maka tegangan keluaran dari sensor berubah sebesar  $2,58 \times 10^{-1} \text{ V}$  atau  $258 \text{ mV}$ . Nilai tegangan keluaran tersebut relatif besar, sehingga sensitifitas sensor termasuk kategori baik (Fraden, 2003). Sementara itu, sensor resistansi yang telah dibuat mempunyai kepresisian sebesar  $98,39\%$ . Tingkat kepresisian sensor tersebut sudah di atas Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Standar Internasional (SI). Tingkat kepresisian sensor yang baik menurut SNI adalah  $\geq 95\%$ , sedangkan menurut SI bahwa sensor memiliki kepresisian yang baik manakala tingkat kepresisiannya adalah  $\geq 97\%$ .

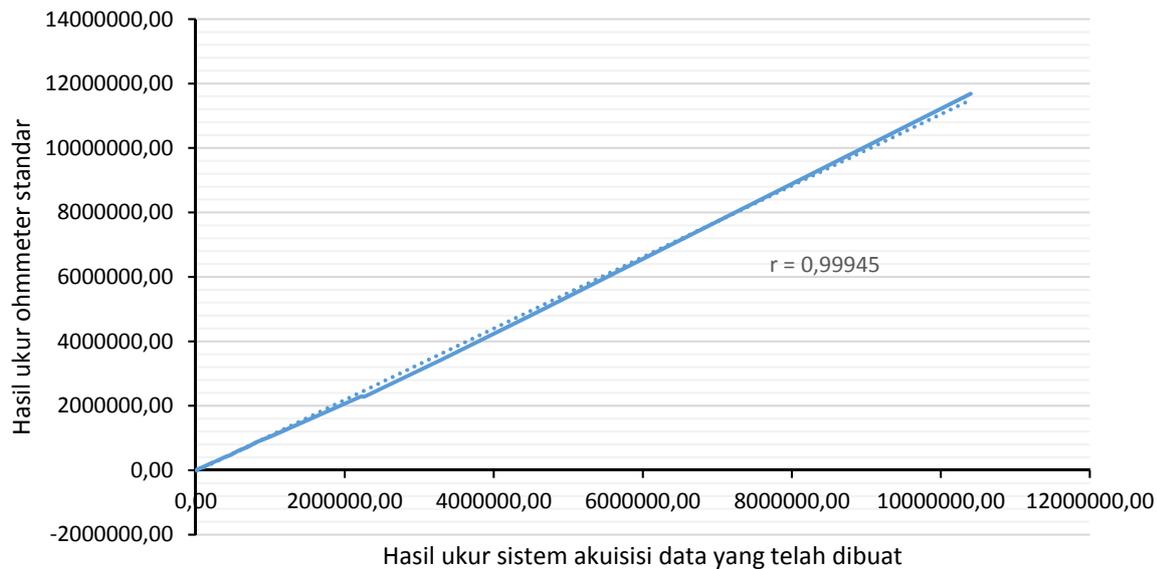
### **Sistem Akuisisi Data dan Karakterisasinya**

Pembuatan sistem akuisisi data dibuat dengan menggunakan sensor resistansi sebagai bagian inputnya, mikrokontroler arduino uno sebagai pengolah datanya, dan komputer sebagai penampil luaran/output. Bagian output dari sensor resistansi dihubungkan dengan pin input dari mikrokontroler arduino uno. Data output sensor resistansi diolah oleh mikrokontroler arduino uno menggunakan fungsi transfer sensor. Hasil pengolahan dari mikrokontroler dihubungkan dengan komputer untuk ditampilkan pada layar monitor komputer. Hasil pembuatan sistem akuisisi data selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5. Sistem akuisisi data yang telah dibuat**

Sementara itu, hasil pengujian tingkat akurasi dari sistem akuisisi data yang telah dibuat sebesar  $99,945\%$  (Gambar 6), sedangkan tingkat presisinya sebesar  $98,58\%$ . Dengan demikian, akurasi dan presisi dari sistem akuisisi data yang telah dibuat dapat dikatakan baik karena telah memenuhi ketentuan SNI ( $\geq 95\%$ ) dan (SI  $\geq 97\%$ ).



**Gambar 6. Hasil pengujian akurasi sistem akuisisi data**

## KESIMPULAN

Sensor analisis urin berbasis resistansi dengan prinsip pembagi tegangan yang dibuat memiliki karakteristik statis dengan fungsi transfer eksponensial serta faktor korelasi sebesar -0,942. Uji sensitifitas sensor menunjukkan bahwa sensor memiliki sensitifitas sebesar  $-2,58 \times 10^{-7} \text{ V}/\Omega$  dengan kategori baik, sedangkan uji presisi sensor menunjukkan angka presisi 98,39%. Adapun, sistem akuisisi data yang telah dibuat memiliki karakteristik akurasi sebesar 99,945% dan presisi sebesar 98,58%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bakri S. Deteksi dini dan upaya-upayapencegahan progresifitas penyakit gagal ginjal kronik, *Jurnal Medika Nusantara*, 2005;26(3):36-9.
- BPS. 2016. Penduduk Indonesia Hasil Survey Penduduk Antar Sensus 2015. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- BPS. 2016. Data dan Informasi Kemiskinan Kabupaten/Kota Tahun 2015. Jakarta: CV Nasional Indah.
- Blumenstiel, B., DeFelice, M., Birsoy, O., Bleyer, A.J., Kmoch, S., Carter, T.A., Gnirke, A., Kidd, K., Rehm, H.L., Ronco, L., Lander, E.S., Gabriel, S. & Lennon, N.J. 2016. Development and Validation of a Mass Spectrometry-Based Assay for the Molecular Diagnosis of Mucin-1 Kidney Disease. *The Journal of molecular diagnostics : JMD*, 18(4): 566–71. Tersedia di <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27157321>.
- Djonoputro, B. Darmawan. 1984. *Teori Ketidakpastian menggunakan Satuan SI*. Bandung: ITB
- Fraden, Jacob. 2003. *Handbook of modern sensors : physics, designs, and applications*. California: AIP Press is an imprint of Springer-Verlag, Inc.
- Go A.S, Chertow G.M, Fan D, Hsu C.Y, Chronic kidney disease and the risk of death, cardiovascular events and hospitalization, *NEJM*, 2004; 351:1296-305.
- Hunchiff, S. 1996. *Physiology for nursing Practice*. London:Ballere Tindal

- Morris, Alan S. 2001. *Measurement and Instrumentation Principles (Third Edition)*. Penerbit : Butterworth-Heinemann, India.
- Mustaghfirotur, Ari. 2010. *Perancangan Alat Ukur Konduktivitas Pada Proses Penyulingan Air Garam untuk Konsumsi air Minum*. Skripsi UIN malang program studi fisika. Diakses di <http://lib.uin-malang.ac.id/thesis/fullchapter/05540011-ari-m-robah.ps>. tanggal 20 Januari 2013
- Nahvi, M. dan J. Edminister. 2005. *Schaum's Easy Outlines Rangkaian Listrik*. Penterjemah Mirza Satriawan. Penerbit : Erlangga, Jakarta.
- Price, S.A & Wilson, L.M 2005, *Patofisiologi : konsep klinis proses-proses penyakit*, EGC, Jakarta.
- Remuzzi G, Bertani T. *Path Physiology of Progressive Nephropathies*. NEJM; 1998; 59:1448-56.
- Rismawati (2013). *Perancangan Aplikasi Sistem Pakar untuk Mendiagnosa Penyakit Ginjal dengan Metode Demster Shafer*. Jurnal Pelita Informatika Budi Darma, Volume IV, Nomor 2, Agustus 2013.
- Ulfah, Nurul. 2009. 10 Penyakit dengan Biaya Pengobatan Termahal. <https://health.detik.com/read/2009/12/16/150053/1261238/766/10-penyakit-dengan-biaya-pengobatan-termahal> diakses 8 Februari 2017.
- Sension5. 2000. *Conductivity Meter*. HACH: U.S.A
- Sobrinho, A.A.C.C., Silva, L.D., Medeiros, L.M. 2012. *MultCare: A mobile assistant as a tool to aid early detection of Chronic Kidney Disease*. Prosiding CENTERIS 2012 – Conference on ENTERprise Information Systems / HCIST 2012 – International on Health and Sosial Care Information Systems and Technologies.
- Sugiyono. 2007. *Statistika untuk Penelitian*. Jakarta: Alfabeta
- Sugiyono. 2007. *Statistika untuk Penelitian*. Penerbit : Alfabeta, Jakarta.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kombinasi*. Jakarta: Alfabeta
- Sulistiyohati, Aprilia dan Hidayat, Taufik (2008). *Aplikasi Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Ginjal dengan Metode Dempster-Shafer*. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2008.
- Tarigan, F.A. 2014. *Sistem Pakar untuk Mendiagnosa Penyakit Ginjal dengan Metode Backward Chaining*. Jurnal TIMES, Vol III No 2.
- Tippler, P. A. 2001. *Fisika untuk Sains dan Teknik (Jilid 2)*. Penerbit: Erlangga, Jakarta.
- Uettwiller-Geiger, D.L., Vijayendran, R., Kellum, J.A., Fitzgerald, R.L. 2016. *Analytical Characteristics of A Biomarker-Based Risk Assesment Test For Acute Kidney Injury (AKI)*. Jurnal *Clinicia Chimica Acta*, Vol 455 hal: 93-98.
- Vassalotti, J.A. et al. 2016. *Practical Approach to Detection and Management of Chronic Kidney Disease for the Primary Care Clinician*. The American Journal of Medicine.
- Wahyuningsih, Merry. *Inilah Besar biaya yang Dibutuhkan Bila Kena Gagal Ginjal*. <http://health.detik.com/read/2012/03/06/172649/1859415/763/inilah-besar-biaya-yang-dibutuhkan-bila-kena-gagal-ginjal?d8833health> 8 Februari 2017.
- Young, H. D. dan R. A. Freedman. 2001. *Fisika Universitas (Edisi Kesepuluh Jilid 2)*. Penterjemah : Pantur Silaban. Penerbit : Erlangga, Jakarta.

