

## Sensor Kebocoran Arus Listrik pada Aliran Air Water Heater

Hartono\*, Sugito dan R.Farzand Abdullatif

Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jenderal Soedirman

Jl. Dr. Soeparno 61 Karangwangkal Purwokerto

\* Corresponding Autor: [harlaras@gmail.com](mailto:harlaras@gmail.com)

**Abstrak** – Kebocoran arus listrik pada water heater elektrik tidak dapat dideteksi secara visual. Hal ini dapat berdampak buruk pada penggunaannya, karena arus listrik bocor akan mengikuti aliran air. Sensor arus listrik merupakan sensor yang dapat mendeteksi terjadinya kebocoran arus listrik pada water heater. Sensor akan mendeteksi terjadinya kebocoran arus listrik dalam aliran air dari water heater. Sensor dibuat dari elektroda tembaga yang ditanam dalam pipa PVC. Pengujian sensor dilakukan terhadap variasi tegangan pada hambatan tetap dan variasi hambatan pada tegangan tetap. Variasi tegangan AC dilakukan dari 0 sampai 220 volt sementara variasi hambatan mulai dari 1 K $\Omega$  sampai 100 K $\Omega$ . Kondisi hambatan 1 K $\Omega$  mewakili hambatan kulit tubuh manusia dalam keadaan basah dan 100 K $\Omega$  mewakili hambatan kulit tubuh dalam keadaan kering terisolasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa sensasi syok tidak nyeri mulai dapat dirasakan pada tegangan 30 V arus sebesar 5,16 mA pada kondisi hambatan 1 K $\Omega$ . Sementara pada kondisi kebocoran tegangan 220 V, sensasi syok tidak nyeri mulai dirasakan pada kondisi hambatan tubuh 42 K $\Omega$  dengan arus sebesar 4,99 mA.

**Kata kunci:** sensor arus, kebocoran arus listrik, water heater, syok tidak nyeri.

*Abstract* – Leakage of electric current in electric water heater cannot be detected visually. This can have a negative impact on the user, because a leaky electric current will follow the flow of water. An electric current sensor detecting current leak into water flowing out from a water heater has been constructed. The sensor is made of a copper electrode implanted in a PVC pipe. It is subjected to tests in which the voltage is varied at constant resistance and otherwise the resistance is varied at constant voltage. The variation of the AC voltage is conducted from 0 to 220 volt whereas that of the resistance is from 1 K $\Omega$  to 100 K $\Omega$ . The 1 K $\Omega$  resistance is meant to represent the resistance of human skin in wet condition and the 100 K $\Omega$  represents that of dry insulated skin. Analysis shows that unpainful shock sensation surges at 30 V, 5.16 mA, with 1 K $\Omega$  resistance. In the current leak condition at 220 V, unpainful shock is sensed at body resistance of 42 K $\Omega$  with 4.99 mA current.

**Key words:** Current sensor, current leak, water heater, unpainful shock

### PENDAHULUAN

Kebocoran arus listrik pada water heater merupakan masalah yang serius. Arus listrik tidak hanya mengalir melalui bahan penghantar atau konduktor padat, melainkan juga dapat terjadi melalui medium cair, seperti air. Akibat terjadinya kebocoran arus listrik dapat menyebabkan terjadinya sengatan listrik pada tubuh manusia. Kebocoran arus listrik dari pemanas air elektrik pernah terjadi dan tidak terdeteksi secara visual, akibatnya adalah pengguna meninggal dunia.

Setiap penghantar mempunyai hambatan yang bervariasi dalam mengalirkan arus listrik. Tubuh manusia merupakan salah satu penghantar listrik yang baik sekalipun tubuh manusia memiliki hambatan listrik.

Hambatan tubuh manusia pada kondisi kulit kering berkisar antara 1000 sampai dengan 100.000  $\Omega$ , sedangkan pada kondisi kulit basah akan menurun sampai  $\leq 1000 \Omega$  [1]. Sengatan arus listrik yang terjadi pada tubuh manusia akan memberikan dampak negatif yang bervariasi. Dampak yang dapat terjadi mulai yang paling ringan adalah kejutan otot, kejang pada sebagian organ termasuk jantung sampai pada terbakarnya jaringan tubuh [2]. Kejadian sengatan arus listrik yang selama ini sering terjadi adalah karena aliran arus listrik bolak balik (AC). Berdasarkan pada penelitian yang pernah dilakukan Cekin N, dkk menunjukkan bahwa kematian akibat sengatan listrik tegangan rendah di rumah tangga dan tempat kerja mencapai 34,9% [3].

Perubahan polaritas yang terjadi setiap waktu menyatakan frekuensi dari arus AC. Frekuensi arus AC akan mempengaruhi kontraksi pada otot. Hal ini yang menyebabkan arus AC jauh lebih berbahaya dibandingkan arus DC pada nilai tegangan yang sama [4]. Sengatan arus listrik AC dapat mengakibatkan kontraksi otot secara terus menerus selama aliran arus belum terputus. Hal ini menyebabkan korban mengalami kejang pada bagian organ-organ tubuhnya termasuk tangan dan kaki. Hal ini yang menyebabkan korban tidak mempunyai kemampuan untuk melepaskan diri dari sengatan arus listrik. Otot rangka merupakan jaringan yang membawa arus listrik paling besar karena otot rangka memiliki proporsi volume yang paling besar dibandingkan jaringan lainnya [5].

Pengaruh yang dapat terjadi akibat sengatan listrik adalah kerusakan organ atau jaringan tubuh. Tingkat kerusakan yang terjadi pada tubuh korban dipengaruhi oleh hambatan tubuh, tegangan dan arus listriknya. Hambatan tubuh dipengaruhi oleh tingkat kebasahan bagian luar tubuh. Hambatan tubuh yang basah atau berkeringat akan menurun sampai  $\leq 1000 \Omega$ . Penurunan hambatan tubuh akan memudahkan arus listrik masuk dalam tubuh. Semakin besar arus listrik yang masuk dalam tubuh akan semakin besar juga pengaruh yang terjadi. Pengaruh sengatan listrik pada tubuh manusia pada berbagai nilai arus seperti terlihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Pengaruh sengatan listrik terhadap organ tubuh manusia dengan asumsi terjadi kontak langsung dengan kulit [4]

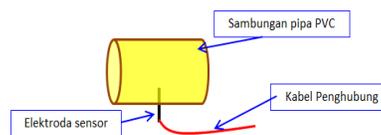
I (mA)	Efek fisiologis	V pada R <sub>tubuh</sub>	
		1 K $\Omega$	100 K $\Omega$
1	batas ambang merasa geli	1	10
5	sensasi syok, tidak nyeri	5	500
10 – 20	nyeri disertai kontraksi otot yang hebat dan kesulitan bernafas	10	1000
100 – 300	fibrilasi ventrikel dan kelumpuhan pernafasan	100	10000
6000	fibrilasi ventrikel, kelumpuhan pernafasan, dan luka bakar	6000	600000

Sesuai dengan hukum Kirchhoff, aliran arus listrik (I) hanya akan terjadi dalam loop tertutup. Dalam sebuah loop tertutup terdiri dari sumber tegangan dan hambatan yang terhubung sehingga menyebabkan terjadinya aliran arus listrik. Tubuh manusia merupakan salah satu penghantar sekaligus hambatan untuk membentuk loop tertutup. Menurut hukum Ohm, kemudahan aliran muatan listrik pada suatu penghantar ditentukan oleh dua faktor, yaitu hambatan (R) dari penghantar dan beda potensial (V) pada kedua ujungnya [6], sehingga dapat dituliskan sebagai berikut:

$$I = \frac{V}{R} \tag{1}$$

**METODE PENELITIAN/EKSPERIMEN**

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen di laboratorium. Sensor digunakan untuk mendeteksi terjadinya kebocoran arus listrik dalam aliran air yang keluar dari water heater. Sinyal listrik yang terdeteksi oleh sensor dikarakterisasi untuk mendapatkan nilai arus dan tegangan pada berbagai nilai tegangan dan kondisi hambatan tubuh. Karakterisasi dilakukan terhadap variasi tegangan pada kondisi hambatan konstan dan variasi hambatan pada tegangan konstan. Variasi hambatan dilakukan mulai dari 1 sampai 100 K $\Omega$  setiap 1 K $\Omega$ . Variasi hambatan ini untuk menggantikan nilai hambatan tubuh manusia mulai dari keadaan kulit basah sampai kering. Hambatan kulit tubuh manusia berkisar dari 300 sampai 1000 ohm [1]. Hasil karakterisasi diperoleh arus dan tegangan yang dapat digunakan untuk menentukan pengaruhnya terhadap kesehatan. Rancangan sensor seperti terlihat pada **Gambar 1**.

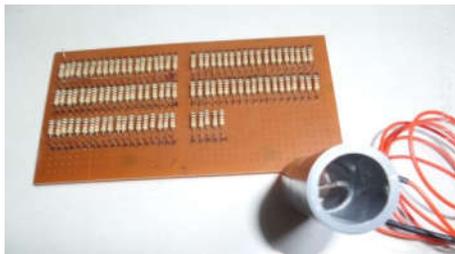


**Gambar 1.** Rancangan sensor kebocoran arus listrik.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Sensor kebocoran arus dibuat dari bahan pipa PVC dan elektroda tembaga. Sambungan pipa PVC berukuran 1/2 inch diberi lobang untuk

memasukkan elektroda tembaga. Sambungan ini dapat langsung dipasang pada pipa aliran air yang keluar dari water heater. Elektroda yang terdapat didalamnya yang bertugas mendeteksi apabila terjadi kebocoran arus listrik dalam aliran air. Sementara hambatan uji sebagai pengganti hambatan tubuh manusia menggunakan hambatan tetap sebesar 1 KΩ sebanyak 100 buah. Rangkaian hambatan disusun dengan konfigurasi seri, sehingga hambatan totalnya sebesar 100 KΩ. Tampilan sensor dan variasi hambatan seperti terlihat pada Gambar 2.

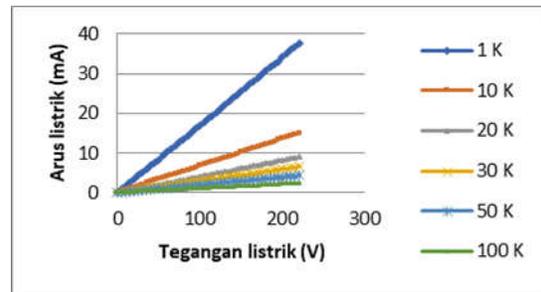


Gambar 2. Sensor kebocoran arus listrik dan hambatan uji

Karakterisasi pertama dilakukan terhadap sensor adalah variasi tegangan kebocoran arus untuk hambatan konstan. Nilai hambatan ditetapkan sebesar 1 KΩ, 10 KΩ, 20 KΩ, 50 KΩ dan 100 KΩ. Tegangan divariasikan mulai 0 sampai 220 volt AC setiap 5 volt. Hasil pengukuran arus pada variasi tegangan seperti terlihat pada grafik Gambar 3. Menurut Prasad, 2010, sensasi syok tidak nyeri terjadi pada sengatan arus listrik sebesar 5 mA. Batasan efek sensasi syok tidak nyeri ditetapkan sebagai batas terendah. Hal ini dengan pertimbangan bahwa pada efek ini manusia masih dapat memberikan reaksi untuk menyelamatkan diri. Sementara efek yang lebih besar dari ini sudah mulai membahayakan bagi kondisi tubuh. Hasil analisis menunjukkan bahwa sensasi syok tidak nyeri terjadi pada tegangan AC yang berbeda untuk kondisi hambatan tubuh yang berbeda. Batas tegangan yang mulai memberikan sensasi syok tidak nyeri seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Efek syok tidak nyeri dari kebocoran arus listrik dalam air untuk kondisi hambatan tubuh yang berbeda.

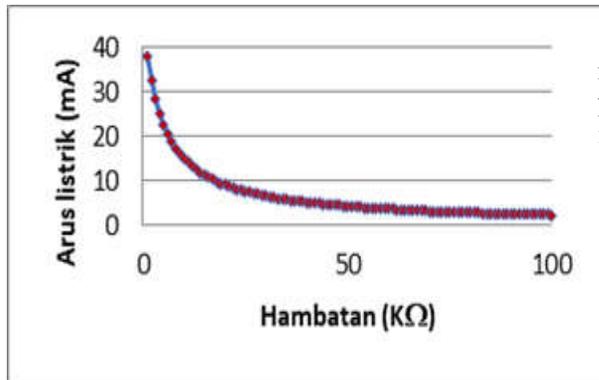
	1 KΩ	10 KΩ	20 KΩ	30 KΩ	50 KΩ	100 KΩ
Arus (mA)	5,16	5,08	4,95	4,9	4,14	2,15
Tegangan (V <sub>AC</sub> )	30	75	120	165	220	220



Gambar 3. Respon kebocoran arus listrik dalam air pada variasi tegangan

Berdasarkan pengujian sensor diperoleh respon arus pada beberapa nilai hambatan bervariasi. Respon arus listrik yang mulai memberikan sensasi syok tidak nyeri terjadi pada hambatan 1KΩ sebesar 5,16 mA pada tegangan sumber 30 V<sub>AC</sub>. Hambatan 1 KΩ merupakan tubuh dalam kondisi basah, dengan demikian dapat diartikan bahwa tubuh mulai merasakan sensasi syok tidak nyeri pada tegangan sumber 30 V<sub>AC</sub>. Respon arus listrik pada hambatan yang semakin besar yang memberikan sensasi syok tidak nyeri terjadi pada tegangan sumber yang makin besar. Pada hambatan 50 dan 100 KΩ dapat diartikan tidak sampai memberikan sensasi syok tidak nyeri sekalipun tegangan sumber yang bocor mencapai 220 V<sub>AC</sub>. Pada pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa sensor mampu merespon terjadinya kebocoran arus listrik dalam air.

Karakterisasi yang kedua dilakukan terhadap variasi hambatan tubuh pada kondisi tegangan tetap. Tegangan ditetapkan sebesar 220 V<sub>AC</sub>, sementara hambatan pengganti tubuh divariasikan dari 1 sampai 100 KΩ setiap 1 KΩ. Hasil pengukuran dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 4. Berdasarkan pada data hasil pengukuran untuk tegangan tetap sebesar 220 V<sub>AC</sub>, sensasi syok tidak nyeri mulai dirasakan pada hambatan tubuh 42 KΩ dengan arus kebocoran sebesar 4,99 mA. Dengan demikian, untuk hambatan tubuh yang lebih rendah dari 42 KΩ akan merasakan efek kejutan listrik yang lebih besar.



**Gambar 4.** Respon kebocoran arus listrik dalam air pada variasi hambatan untuk tegangan tetap 220 V.

Berdasarkan pada hasil karakterisasi sensor dapat dinyatakan bahwa sensor dapat merespon terjadinya kebocoran arus listrik AC dengan baik. Dengan demikian sensor dapat diaplikasikan pada jaringan pipa pemanas air. Sensor dapat diintegrasikan dengan rangkaian pengendali sebagai sistem otomatisasi. Dengan sistem otomatisasi semacam ini diharapkan akan dapat menekan jatuhnya korban jiwa yang diakibatkan oleh kebocoran arus listrik dalam air.

## KESIMPULAN

1. Sensor dapat merespon kebocoran arus listrik dalam air dari tegangan 5 hingga 220  $V_{AC}$ .
2. Sensasi syok tidak nyeri mulai dirasakan pada kondisi hambatan tubuh 1  $K\Omega$  terjadi pada tegangan 30 V, hambatan 10  $K\Omega$  pada tegangan 75 V, hambatan 20  $K\Omega$  pada tegangan 120 V, hambatan tubuh 30  $K\Omega$  pada tegangan 165 V. Sementara pada hambatan 50  $K\Omega$  dan 100  $K\Omega$  tidak terjadi sensasi syok tidak nyeri sampai pada tegangan 220 V.
3. Kebocoran pada tegangan 220  $V_{AC}$  mulai memberikan efek sensasi syok tidak nyeri pada kondisi hambatan tubuh  $\leq 42 K\Omega$ .

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang sudah membantu terlaksananya penelitian ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat UNSOED yang sudah memberikan dana penelitian.
2. Laboratorium Elektronika Instrumentasi dan Geofisika Jurusan Fisika FMIPA UNSOED.

## PUSTAKA

- [1] Reddy, G. N., & Reddy, G. J. (2013). Effects of Wireless Electricity on Human Bodies. *International Journal of Engineering Trends and Thechnology (IJETT)*, 2567-2569.
- [2] AllAboutCircuits. (2015). Physiological Effects of Electricity.
- [3] Cekin, e. a. (2005). Childhood Deaths Due To Electrocution In Adana. *Tohoku J. Exp. Med*, 73-80
- [4] Prasad, D., Sharma, A. K., & Sharma, H. C. (2010). *International Journal of Electrical and Power Engineering, Electric Shock and Human Body*. India: National Institute of Technology
- [5] Hannig, J., Lee, R. C., & Zhang, D. (2000). Biophysical Injury Mechanisms In Electrical Shock Trauma. *Annual Review Biomedical Engineering*, 477-509.
- [6] Alonso. M dan Edward J. Finn. 1994. *Dasar-Dasar Fisika Universitas, Edisi Kedua Jilid 2*. Penerbit Erlangga: Jakarta