



**HUBUNGAN ANTARA VARIASI BESAR PAPAN ARUS
LISTRIK BOLAK-BALIK TERHADAP WAKTU KEJADIAN
KEMATIAN TIKUS WISTAR**

*ASSOCIATION BETWEEN AMOUNT VARIATION OF ALTERNATING
CURRENT (AC) ELECTRICITY AND TIME OF DEATH
WISTAR RATS*

ARTIKEL KARYA TULIS ILMIAH

**Disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan
guna mencapai derajat sarjana strata-1 kedokteran umum**

**DWI RAHAYU
G2A 006 054**

**PROGRAM PENDIDIKAN SARJANA KEDOKTERAN
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
TAHUN 2010**

HUBUNGAN ANTARA VARIASI BESAR PAPANAN ARUS LISTRIK BOLAK-BALIK TERHADAP WAKTU KEJADIAN KEMATIAN TIKUS WISTAR

Dwi Rahayu¹, Gatot Suharto²

ABSTRAK

Latar Belakang : Besarnya pengaruh listrik pada jaringan tubuh tersebut tergantung dari besarnya tegangan (voltase), kuatnya arus (ampere), besarnya tahanan (keadaan kulit kering atau basah), lamanya kontak serta luasnya daerah terkena kontak. Trauma listrik merupakan salah satu dari tiga penyebab kematian terbesar. Mortalitas ini bisa terjadi cepat (efek langsung) atau lambat (komplikasi). Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan adanya hubungan antara variasi besar paparan arus listrik bolak-balik terhadap waktu kejadian kematian tikus wistar.

Metoda: Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorik dengan rancangan *the one-shot case study design* yang menggunakan binatang coba sebagai obyek percobaan.

24 ekor tikus wistar diambil dengan *simple random sampling*. Sampel dibagi menjadi 4 kelompok, yaitu: kelompok 1 terpapar arus listrik 1-30 mA, kelompok 2 terpapar arus listrik 31-60 mA, kelompok 3 terpapar arus listrik 61-90 mA, kelompok 4 terpapar arus listrik 91-120mA. Setelah adaptasi selama 7 hari, dilakukan paparan arus listrik kemudian dilakukan pengamatan pengaruh besar kuat arus listrik terhadap kematian tikus wistar. Analisis data dilakukan dengan uji *Spearman*.

Hasil: Uji *Spearman* terdapat korelasi negatif antara variasi besar paparan arus listrik bolak-balik terhadap waktu kejadian kematian tikus wistar ($\rho = -0.675$; $p = 0,000$).

Simpulan: Terdapat hubungan antara variasi besar paparan arus listrik bolak-balik terhadap waktu kejadian kematian tikus wistar. Semakin besar paparan arus listrik, semakin cepat terjadi kematian.

Kata kunci: trauma listrik, arus listrik, mortalitas

¹ Mahasiswa program pendidikan S-1 kedokteran umum FK Undip.

² Staf Pengajar bagian Forensik Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro.

*ASSOCIATION BETWEEN AMOUNT VARIATION OF ALTERNATING
CURRENT (AC) ELECTRICITY AND TIME OF DEATH
WISTAR RATS*

ABSTRACT

Background: *The amount of electrical effects on the body's tissues are dependent of the voltage (voltage), the current strength (ampere), the resistance (dry or wet skin conditions), duration of contact with the source and extent of areas affected by contact. Electrical trauma is one of the three biggest causes of death. This mortality can occur rapidly (direct effect) or slow (complications). This study aims to prove the association between amount variation of alternating current (AC) electricity and time of death wistar rats.*

Methods: *This study is a laboratory experimental design with the one-shot case study design that uses guinea pig as an experimental object. 24 wistar rats were taken by simple random sampling. They were divided into four groups: group 1 exposed to electric currents 1-30 mA, group 2 exposed to electric currents 31-60 mA, group 3 exposed to electric currents 61-90 mA, group 4 exposure to electric current 91-120mA. . After the adaptation period of 7 days, exposure to electric current conducted later observed strong influence of large electrical current to the death of rats. Statistical analysis was conducted by using Spearman test.*

Result: *There was significant negative correlation between amount variation of alternating current (AC) electricity and time of death wistar rats ($\rho = -0.675$, $p = 0.000$).*

Conclusions: *There is a relation between amount variation of alternating current (AC) electricity and time of death wistar rats. The greater the exposure to electric current, the faster it's death.*

Key words: *electrical injury, electric current, mortality*

PENDAHULUAN

Kasus trauma listrik menyebabkan seribu kematian tiap tahunnya di Amerika Serikat, dengan *mortality rate* 3-5%. Tingkatan trauma listrik sangat luas, dari trauma minimal sampai melibatkan kerusakan multiorgan sampai dapat menyebabkan kematian.¹

Data yang diambil dari Instalasi Rekam Medik RS Karyadi selama 7 tahun terakhir menunjukkan bahwa pada tahun 2002 sebanyak 13 orang dilaporkan terkena trauma listrik, tahun 2003 sebanyak 10 orang, tahun 2004 sebanyak 13 orang, tahun 2005 sebanyak 5 orang, tahun 2006 sebanyak 11 orang, tahun 2007 sebanyak 17 orang, tahun 2008 sebanyak 22 orang.

Listrik adalah aliran elektron yang melewati gradien potensial dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah melalui media bersifat konduktif.¹ Tubuh manusia adalah penghantar listrik yang baik. Besarnya pengaruh listrik pada jaringan tubuh tersebut tergantung dari besarnya tegangan (voltase), kuatnya arus (ampere), besarnya tahanan (keadaan kulit kering atau basah), lamanya kontak serta luasnya daerah terkena kontak.² Kuat arus atau jumlah arus yang mengalir adalah faktor terpenting penyebab kematian.³

Interval waktu antara trauma listrik dengan kejadian kematian penting untuk diketahui. Hal ini berkaitan dengan pemberian pertolongan terhadap korban trauma listrik. Besar arus listrik tertentu akan berpengaruh terhadap lama waktu kematian setelah terjadi kontak dengan arus listrik.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis hubungan antara variasi besar paparan arus listrik bolak-balik terhadap waktu kejadian kematian tikus wistar.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada peneliti lain mengenai dosis paparan arus listrik terhadap mortalitas tikus wistar dan memberi masukan bagi dokter forensik mengenai penelitian tentang besar dosis arus listrik terhadap mortalitas dan morbiditas manusia.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Diponegoro mulai bulan Maret – April 2010. Penelitian ini adalah penelitian eksperimental laboratorik dengan rancangan *the one-shot case study design* yang menggunakan binatang coba sebagai obyek penelitian. Populasi yang diteliti adalah tikus wistar jantan usia 3-4 bulan yang diperoleh dari Laboratorium Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan (F-MIPA) Universitas Negeri Semarang. Penentuan besar sampel ditentukan sesuai ketentuan WHO, yakni jumlah sampel minimal 5 ekor tikus tiap kelompok yang diambil secara acak. Sampel dibagi menjadi empat kelompok perlakuan tanpa kelompok kontrol dengan jumlah sampel 6 ekor tiap kelompok.

Tikus diadaptasi selama 7 hari di laboratorium dengan kandang tunggal dan diberi pakan standar serta minum secukupnya. Pada hari ke-8, membagi tikus wistar menjadi 4 kelompok. Setiap kelompok tikus wistar diberi tanda dengan asam pikrat pada daerah yang berbeda yaitu kepala, punggung, ekor, dan kaki. Selanjutnya menimbang berat badan masing - masing tikus. Memberikan paparan arus listrik secara langsung selama 60 detik pada kelompok 1, 2, 3, dan 4 dengan cara menjepitkan ujung konduktor (listrik masuk) pada telapak kaki kiri depan tikus wistar dan ujung konduktor lainnya (listrik keluar) di telapak kaki kanan belakang tikus wistar. Kelompok 1 mendapatkan paparan arus listrik 1-30 mA, kelompok 2 mendapatkan paparan arus listrik 31-60 mA, kelompok 3 mendapatkan paparan arus listrik 61-90 mA, kelompok 4 mendapatkan paparan arus listrik 91-120 mA. Melakukan pengamatan waktu terjadinya kematian tikus wistar setelah terpapar arus listrik.

Data yang diperoleh dari 4 kelompok diolah dengan program komputer *SPSS for Windows 11,5*. Data tersebut diuji normalitasnya dengan *SaphiroWilk*, lalu dilakukan uji korelasi *Spearman*, hasil dianggap signifikan apabila derajat kemaknaan $p < 0,05$.

HASIL

Selama berlangsung penelitian tidak ada tikus yang mati sebelum perlakuan. Dua puluh empat sampel pada penelitian ini memenuhi semua kriteria yang ditentukan.

Hasil pengamatan terhadap waktu kejadian kematian tikus wistar setelah terpapar arus listrik dalam penelitian ini tampak pada tabel berikut:

Tabel 1. Nilai deskriptif

Hewan coba	Waktu kejadian kematian (dalam jam)			
	1 – 30 mA	31 – 60 mA	61 – 90 mA	91 – 120 mA
1	46, 57	37, 26	9, 18	1, 15
2	22, 40	25, 26	12, 06	5, 52
3	43, 27	11, 54	3, 32	0, 27
4	47, 22	20, 56	1, 21	0, 45
5	10, 13	4, 31	24, 34	6, 43
6	20, 51	41, 53	17, 34	0, 29
Rata - rata	31, 55	23, 41	11, 24	2, 35

Normalitas data diketahui dengan uji *SaphiroWilk* pada tabel 2.

Tabel 2. Uji distribusi *Saphiro-Wilk*

	Perlakuan		<i>Saphiro-Wilk</i>		
			statistic	df	sig
Waktu kejadian kematian	Kelompok paparan listrik 1 – 30 mA	arus	,856	6	,175
	Kelompok paparan listrik 31 – 60 mA	arus	,960	6	,823
	Kelompok paparan listrik 61 – 90 mA	arus	,964	6	,847
	Kelompok paparan listrik 91 – 120 mA	arus	,748	6	,019

Korelasi antara variasi besar paparan arus listrik bolak-balik terhadap waktu kejadian kematian tikus wistar dapat dijelaskan dalam tabel berikut ini:

Tabel 3. Uji *Spearman*

Besar arus listrik	Waktu kejadian kematian	
	Rerata	simpang baku
1 – 30 mA	31,6	15,9
31 – 60 mA	23,4	14,4
61 – 90 mA	11,2	8,6
91 – 120 mA	2,3	2,8
<i>Rho</i>	- 0,765	
<i>p</i> *	0,000	

*uji korelasi *Spearman*

PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan terdapat korelasi negatif antara variasi besar paparan arus listrik bolak-balik terhadap waktu kejadian kematian tikus wistar. Hal ini sesuai dengan teori yang mengatakan bahwa sengatan listrik semakin serius, apabila arus yang melewati tubuh semakin besar.^{4,5,6}

Fatalitas sengatan listrik ditentukan oleh jumlah arus listrik yang memasuki tubuh, jalur (*electrical pathway*) arus listrik melewati tubuh dan lama kontak dengan listrik.⁷ Arus listrik merupakan faktor yang sangat penting dalam kejadian kematian karena listrik. Arus minimal yang dapat dirasakan manusia sebagai rasa geli adalah 1 mA (0,001 A). Arus sebesar 5 mA akan menyebabkan tremor pada otot. Arus sebesar 15-17 mA akan menyebabkan kontraktur otot. Pada arus 50mA, akan terjadi kontraktur di seluruh otot, paralisis otot pernapasan dan kematian apabila arus listrik terus mengalir. Fibrilasi ventrikel terjadi pada arus 75-100mA . Pada arus yang sangat tinggi ≥ 1 A tidak menyebabkan fibrilasi ventrikel, tetapi menyebabkan ventricular arrest.⁴

Arus listrik memasuki tubuh korban pada satu titik tertentu (*point of contact*), kemudian arus listrik keluar dari tubuh korban pada satu titik yang lain

(*point of grounded*). Listrik dapat mematikan jika listrik membentuk jalur masuk dan keluar tubuh. Listrik rumah tangga yang berkategori tegangan rendah (kurang dari 500 volt) dapat mengakibatkan kematian karena ada jalur tertentu yang terbentuk oleh listrik masuk dan keluar tubuh. Jalur yang sering menimbulkan kematian adalah jalur listrik melalui jantung, otot bantu pernafasan dan otak.

Tempat listrik masuk yang paling sering adalah tangan dan kepala (Cooper, 1995; Solem *et al.*, 1977; Wilkinson and Wood, 1978), sedangkan tempat listrik keluar yang paling sering adalah kaki, tangan, dan tungkai. (Grossman *et al.*, 1993; Solem *et al.*, 1977; Wilkinson and Wood, 1978). Rautji *et al.* melaporkan bahwa pada korban berusia dewasa yang meninggal akibat sengatan listrik, ditemukan listrik masuk di tangan, sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Akcan R, Hilal A, Gu' lmen MK, Cekin N listrik masuk di tangan ditemukan pada 72,9 % kasus. ⁸

Penelitian ini melakukan paparan arus listrik terhadap tikus wistar dengan *point of contact* (titik masuk) pada telapak kaki kiri depan dan *point of grounded* (titik keluar) pada telapak kaki kanan belakang, sehingga arus listrik mengalir melalui jantung dan otot bantu pernafasan.

Lama kontak dengan sengatan listrik menentukan jumlah arus listrik yang memasuki tubuh. Semakin lama kontak antara permukaan tubuh dengan benda berarus listrik maka semakin lama arus listrik memasuki tubuh. Pada penelitian ini diberikan paparan arus listrik selama 60 detik. Hukum *Joule* tentang listrik menjelaskan bahwa semakin lama listrik memasuki tubuh korban maka semakin besar energi panas yang terbentuk, sehingga mengakibatkan luka bakar yang lebih

luas dan dalam (karbonisasi/pengarangan).^{4,5,7} Setelah timbul karbonisasi pada jaringan akan terjadi peningkatan resistensi jaringan tersebut terhadap arus listrik.^{5,9} Pencatatan arus listrik pada komputer menunjukkan bahwa tidak ada arus listrik yang mengalir di tubuh tikus wistar selama sengatan listrik 91-120 mA pada detik di atas 50.

Trauma listrik dapat menimbulkan morbiditas maupun mortalitas. Mortalitas ini bisa terjadi oleh karena efek langsung (cepat) atau karena efek tidak langsung (lambat/ komplikasi). Mortalitas cepat pada trauma listrik disebabkan arus listrik masuk tubuh melalui dan mengganggu fungsi jantung, otot bantu pernafasan, dan otak. Komplikasi trauma listrik yang sering menjadi penyebab kematian adalah pneumonia, sepsis dan gagal multi sistem organ.¹⁰

Penelitian lebih lanjut yang perlu dilakukan antara lain: hubungan antara variasi besar paparan arus listrik bolak balik terhadap waktu kejadian kematian tikus wistar dengan *electrical pathway* dan media yang berbeda.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan syukur dan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas segala kasih dan kemudahan yang diberikanNya.
2. Rektor Universitas Diponegoro yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk belajar, meningkatkan ilmu pengetahuan dan keahlian.
3. Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengikuti pendidikan keahlian.
4. Dr. Gatot Suharto, SH, Msi.Med, SpF dan Dr. Arfi Syamsun, SpKF selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu dengan penuh kesabaran untuk membimbing .
5. Tim Laboratorium MIPA UNNES yang membantu penelitian.
6. Tim Laboratorium Teknik Elektro UNDIP yang telah membantu menyiapkan rangkaian listrik untuk eksperimental sengatan listrik.
7. Ayahanda dan ibunda tercinta Sumargo dan Sunarti yang telah mencurahkan kasih sayang dan doa yang tulus dalam membimbing dan mendidik penulis.
8. Kakak dan adik tercinta Sugi Waluyo dan Wahyu Budi Prasetyo yang telah memberi kasih sayang, motivasi, dan dorongannya.
9. Sahabat dan teman-teman penulis semua angkatan 2006 yang tidak bisa disebutkan satu persatu disini. Terimakasih atas dorongan, bantuan, dan kebersamaannya selama ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

DAFTAR PUSTAKA

1. Cushing TA, Wright RK. Electircal injuries. Available from: URL: http://emedicine.medscape.com/article/770179_overvieww
2. Dahlan S. Ilmu Kedokteran Forensik: pedoman bagi dokter dan penegak hukum. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro, 2007.
3. Nelwan Berti. Luka akibat arus listrik dan luka bakar. Available from: URL: http://www.akademik.unsri.ac.id/download/journal/files/medhas/cs_forensik_LukaBakar&Listrik.pdf
4. Dimaio VJ, Dimaio D. Forensik Pathology. 2nd ed. London: CRC Press, 2001.
5. Gabriel JF. Fisika Kedokteran. Jakarta: EGC; 1996.
6. Lee RC, Zhang D, Hannig J. Biophysical injury mechanisms in electrical shock trauma. *Annu Rev Biomed Eng* 2000; 02: 477-509.
7. Bikson M. A Review of hazards associated with exposure to low voltage. [homepage on the internet]; [cited 2007 December]. Available from: URL: [//bme.ccny.cuny.edu/faculty/mbikson/BiksonMsafeVoltageReview.pdf](http://bme.ccny.cuny.edu/faculty/mbikson/BiksonMsafeVoltageReview.pdf)
8. Akcan R, Hilal A, Gulmen MK, Cekin N. Childhood deaths due to electrocution in Adana, Turkey. *Acta Paediatrica* 2007;96:443-5.
9. Martinez JA, Nguyen T. Electrical injuries. *Southern Medical Journal* 2000;93:1165-8.
10. Cooper MA, Price TG. Electrical and lightning injury. Available from: URL: <http://www.uic.edu/labs/Lightninginjury/Electr&Ltnpdf>.