

**HUBUNGAN PAPARAN ARUS LISTRIK SECARA LANGSUNG  
TERHADAP KERUSAKAN HISTOPATOLOGIK  
OTOT GASTROKNEMIUS  
TIKUS WISTAR**

*THE CORRELATION BETWEEN DIRECT ELECTRICITY EXPOSURE  
AND GASTROCNEMIUS MUSCLE HISTOPATOLOGICAL DAMAGE  
OF WISTAR RATS*

**ARTIKEL KARYA TULIS ILMIAH**

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

**SYAFRIA ZIDNI  
G2A006179**

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

**HUBUNGAN PAPAN ARUS LISTRIK SECARA LANGSUNG  
TERHADAP KERUSAKAN HISTOPATOLOGIK  
OTOT GASTROKNEMIUS  
TIKUS WISTAR**

Syafria Zidni<sup>1</sup>, Gatot Suharto<sup>2</sup>  
**ABSTRAK**

**Latar belakang:** Tubuh manusia merupakan penghantar listrik yang baik sehingga bila terjadi kontak langsung dengan arus listrik bisa berakibat fatal. Kematian akibat serangan listrik secara langsung tidak selalu menunjukkan fenomena spesifik, oleh sebab itu diagnosa kematian akibat serangan listrik merupakan hasil kerjasama antara patologi forensik, toksikologi forensik, dan polisi penyidik.<sup>4,7</sup> Penelitian ini diharapkan memberikan pengaruh yang bermakna untuk kepentingan medikolegal. **Metode:** Desain penelitian ini adalah *the post test only control group design* dengan menggunakan tikus *Wistar* sebagai obyek penelitian. Perlakuan dalam penelitian adalah memberikan variasi dosis paparan arus listrik secara langsung terhadap tikus *Wistar*. Keluaran yang dinilai adalah jumlah titik hiperkontraksi otot gastroknemius tikus *Wistar*. Data dideskripsikan dalam bentuk tabel dan gambar, dilakukan uji Pearson, Spearman dan analisis logistik dengan program *SPSS 16.0 for windows*.

**Hasil:** Uji statistik pada penelitian ini yang terdiri dari uji normalitas dan uji korelasi didapatkan efek yang sangat kuat oleh paparan arus listrik terhadap jumlah titik hiperkontraksi otot gastroknemius yang arahnya positif.

**Simpulan:** Terdapat hubungan paparan arus listrik secara langsung terhadap kerusakan otot gastroknemius tikus *Wistar*.

**Kata kunci:** paparan arus listrik secara langsung, kerusakan otot *gastrocnemius*, titik hiperkontraksi.

<sup>1</sup>Mahasiswa program pendidikan S-1 kedokteran umum FK Undip.

<sup>2</sup>Staf pengajar Bagian Forensik FK Undip.

**THE CORRELATION BETWEEN DIRECT ELECTRICITY EXPOSURE  
AND GASTROCNEMIUS MUSCLE HISTOPATOLOGICAL DAMAGE  
OF WISTAR RATS**

**ABSTRACT**

**Background:** *The human body is a good electrically conductive so that if there is direct contact with electrical current can be fatal. Deaths directly caused by electric attacks do not always indicate a specific phenomenon, and therefore the diagnosis of death from electric attacks are the result of cooperation between forensic pathology, forensic toxicology, and investigating officer.<sup>4,7</sup> Research is expected to give meaningful effect to the medikolegal aspect.*

**Methods:** *This research design is the post test only control group design using Wistar rat as an object of research. The treatment in this study is to give exposure dose variation of electric current directly to the Wistar rats. The output is the number of points assessed hipercontraction gastrocnemius muscle of Wistar rats. The data described in the form of tables and figures, Pearson test, Spearman and logistic analysis using SPSS 16.0 for windows.*

**Result:** *Statistical tests in this study consisted of the normality test and correlation test showed a very strong effect by exposure to electrical current to gastrocnemius muscles hipercontraction point numbers are a positive direction.*

**Conclusion:** *There are correlation between exposure to electric current directly to the Wistar rat gastrocnemius muscle damage.*

**Keywords:** *exposure to electric current directly, gastrocnemius muscle damage, point of hipercontraction.*

## **PENDAHULUAN**

Listrik merupakan aliran elektron dari sebuah objek melalui konduktor. Elektron adalah partikel terluar dari atom yang bermuatan negatif yang bila bersentuhan dengan objek, objek tersebut akan bermuatan negatif.<sup>1</sup>

Trauma dari serangan listrik adalah kerusakan yang disebabkan oleh adanya aliran arus listrik yang melewati tubuh manusia dan membakar jaringan ataupun menyebabkan terganggunya fungsi organ. Trauma ini dapat terjadi pada kontak dengan aliran listrik bertegangan tinggi ataupun rendah. Listrik dengan tegangan rendah lebih sering menjadi penyebab pada trauma akibat listrik yang terjadi pada lingkungan rumah tangga, sering disertai adanya tetani otot pada daerah kontak listrik, dan dapat mengakibatkan gangguan pada jantung yang dapat berakibat fatal.<sup>2</sup>

Trauma akibat serangan listrik berada pada urutan kelima sebagai salah satu risiko akibat kerja. Sekitar 60-70% dari trauma akibat serangan listrik terjadi pada aliran listrik bertegangan rendah, dimana 50% mengalami kematian.<sup>2</sup>

Tubuh manusia merupakan penghantar listrik yang baik sehingga bila terjadi kontak langsung dengan arus listrik bisa berakibat fatal. Arus listrik yang mengalir ke dalam tubuh manusia akan menghasilkan panas yang dapat membakar dan menghancurkan jaringan tubuh. Meskipun luka bakar akibat serangan arus listrik tampak ringan, tetapi terdapat kemungkinan adanya kerusakan organ dalam yang serius, terutama pada jantung, otot,

ataupun otak yang dapat mengakibatkan kematian. Tanda dan gejala meliputi luka bakar pada kulit, kerusakan organ dalam dan jaringan lainnya, aritmia, serta gagal nafas.<sup>1,3</sup>

Arus listrik dapat menyebabkan terjadinya cedera melalui tiga cara, yaitu henti jantung (*cardiac arrest*), perusakan otot, saraf, dan jaringan oleh arus listrik yang melewati tubuh, serta luka bakar *termal* akibat kontak dengan sumber listrik.<sup>1</sup>

Cedera akibat serangan arus listrik dapat berupa luka bakar ringan hingga kematian. Tingkat cedera yang terjadi tergantung pada beberapa faktor, antara lain jenis dan kekuatan arus listrik, tegangan, ketahanan tubuh terhadap arus listrik, jalur arus listrik ketika masuk ke dalam tubuh, dan lamanya tubuh terkena paparan arus listrik.<sup>4,5,6</sup>

Kematian akibat serangan listrik secara langsung tidak selalu menunjukkan fenomena spesifik, oleh sebab itu diagnosa kematian akibat serangan listrik merupakan hasil kerjasama antara patologi forensik, toksikologi forensik, dan polisi penyidik.<sup>4,7</sup>

Penelitian ini dilakukan pada hewan coba tikus *Wistar* mengingat penelitian tidak dapat dilakukan pada manusia. Hal tersebut disebabkan tikus *Wistar* memiliki karakteristik yang mirip dengan manusia dalam fisiologi dan respon endokrin sehingga sering digunakan dalam eksperimen biologi sebagai organisme model.<sup>8</sup>

Umumnya otot ekstremitas secara langsung terkena dampak sengatan listrik, dan trauma listrik pada jaringan ini memiliki gambaran histopatologi

yang spesifik dimulai dengan proliferasi sarkolema sebagai gambaran kerusakan tingkat awal sampai terjadinya nekrosis otot yang difus dan luas. Oleh sebab itu, gambaran kerusakan otot ekstremitas akibat paparan arus listrik penting dalam membantu diagnosis trauma sengatan listrik.<sup>9</sup>

Otot Gastroknemius dipilih sebagai sampel pada penelitian ini karena sel-sel ototnya memiliki sifat *excitable cell* yaitu dapat dirangsang oleh arus listrik.<sup>1</sup> Otot tersebut merupakan otot ekstremitas dengan volume yang besar sehingga dapat mempermudah penelitian.

Smith GT melakukan penelitian pada tahun 1965 mengenai paparan arus listrik dengan dosis *nonlethal* menggunakan anjing sebagai hewan coba. Pengambilan sampel diambil setelah tujuh hari dari pemaparan arus listrik. Pada pemeriksaan hasil didapatkan gambaran histopatologi yang spesifik dimulai dengan proliferasi sarkolema sampai terjadinya nekrosis otot yang difus dan luas.<sup>10</sup> Pada penelitian pendahuluan yang saya lakukan dengan menggunakan tiga ekor tikus, segera setelah paparan dosis *lethal* diberikan, diambil sampel pada otot gastroknemius tikus dan tidak didapatkan gambaran proliferasi sarkolema ataupun nekrosis, melainkan adanya titik hiperkontraksi pada serabut otot gastroknemius. Sehingga pada penelitian ini difokuskan pada penghitungan jumlah titik hiperkontraksi.

Penggunaan arus bolak – balik pada penelitian ini adalah karena arus ini lebih sering menyebabkan kematian dan manusia lebih sensitif sekitar 4-6 kali terhadap arus bolak – balik daripada arus searah.<sup>1</sup>

Penelitian ini berbeda dengan penelitian-penelitian bertema sama sebelumnya karena diberikan paparan arus listrik dengan dosis bertingkat secara langsung pada tikus *Wistar* dengan tujuan mengetahui derajat kerusakan histopatologi otot gastroknemius berdasarkan variasi jumlah arus listrik, berfokus pada jumlah titik hiperkontraksi serabut otot.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan rancangan *the post test only group design* yang menggunakan tikus *Wistar* sebagai obyek percobaan. Keluaran (*outcome*) yang dinilai adalah jumlah titik hiperkontraksi otot gastroknemius tikus *Wistar*.

Penelitian ini meliputi bidang Forensik, Patologi Anatomi, Fisika. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (F-MIPA) Universitas Negeri Semarang, Fakultas Teknik Elektro Universitas Diponegoro.

Besar sampel penelitian sesuai dengan kriteria WHO (1993) yaitu minimal menggunakan 5 ekor tikus pada tiap kelompok perlakuan.<sup>10</sup> Maka digunakan 6 tikus dalam tiap kelompok perlakuan. Hal ini dimaksudkan agar hasil penelitian yang diperoleh lebih valid. Oleh karena terdapat 1 kelompok kontrol dan 4 kelompok perlakuan, maka dibutuhkan 30 ekor tikus *Wistar*.

Kriteria inklusi sampel adalah tikus *Wistar* jantan, umur 3-4 bulan, berat badan 150-200 gram, anatomi tampak normal.

Tikus *Wistar* dibagi menjadi 5 kelompok yang masing – masing terdiri dari 6 ekor tikus yang dipilih secara acak. Selanjutnya menimbang berat badan masing-masing tikus. Lima kelompok perlakuan tersebut adalah :

- Kontrol (K) : tidak diberi perlakuan
- Perlakuan 1 (P1) : diberi paparan arus listrik sebesar 1-30 mA.
- Perlakuan 2 (P2) : diberi paparan arus listrik sebesar 31-60 mA.
- Perlakuan 3 (P3) : diberi paparan arus listrik sebesar 61-90 mA.
- Perlakuan 4 (P4) : diberi paparan arus listrik sebesar 91-120 mA.

Tegangan yang digunakan adalah 220volt, waktu paparan 60 detik.

Data dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data primer hasil penelitian gambaran kerusakan histopatologi otot gastroknemius tikus *Wistar*. Pembacaan dilakukan dengan menggunakan mikroskop cahaya Olympus BX 41. Variabel bebas berskala ordinal berupa paparan arus listrik secara langsung. Variabel tergantung berskala interval berupa kerusakan otot gastroknemius tikus *Wistar*.

Data diperoleh diolah dengan program SPSS 16.0 *for Windows* kemudian dilakukan uji normalitas. Untuk mengetahui adanya hubungan antar variabel mempergunakan uji korelasi (Pearson), sedangkan apabila distribusi tidak normal dipergunakan *rank correlation test* (Spearman).

## HASIL PENELITIAN

Analisis deskriptif jumlah titik hiperkontraksi sel otot gastroknemius tikus *Wistar* berdasarkan paparan arus listrik secara langsung

Jumlah titik hiperkontraksi otot gastroknemius	Paparan arus listrik				
	kontrol	1-30mA	31-60mA	61-90mA	91-120mA
Mean	12,83	110,17	126,17	224,00	374,67
Standar deviasi	5,742	55,449	29,869	74,814	120,038
Minimum	5	70	76	110	246
Maksimum	20	220	158	298	521
Median	13,00	90,00	126,00	231,50	364,00

Gambar di atas menunjukkan bahwa kelompok kontrol (K) dan Kelompok Perlakuan 2, 3, 4, memiliki distribusi data yang normal. Distribusi data tidak normal dimiliki oleh Kelompok Perlakuan 1.

Sebelum dilakukan analisis efek paparan arus listrik secara langsung terhadap jumlah titik hiperkontraksi otot gastroknemius terlebih dahulu dilakukan uji normalitas dengan uji Shapiro-Wilk.

Tabel 3  
uji normalitas jumlah titik hiperkontraksi otot gastroknemius

Paparan arus listrik	Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Nilai <i>p</i>
1-30mA	0,721	6	0,010
31-60mA	0,923	6	0,528
61-90mA	0,911	6	0,440
91-120mA	0,889	6	0,314

Oleh karena terdapat distribusi data yang tidak normal maka untuk menganalisis efek paparan arus listrik secara langsung terhadap jumlah titik hiperkontraksi otot gastroknemius digunakan *rank correlation test* (Spearman) dengan hasil seperti pada tabel di bawah ini:

Hasil korelasi antara paparan arus listrik secara langsung dengan jumlah titik hiperkontraksi otot gastroknemius tikus *Wistar*.

Hubungan variabel	Nilai rho	Nilai P
Paparan arus listrik dengan jumlah titik Hiperkontraksi otot gastroknemius	0,904	0,000

Berdasarkan tabel di atas, terdapat efek yang sangat kuat oleh paparan arus listrik terhadap jumlah titik hiperkontraksi otot gastroknemius tikus *Wistar* yang arahnya positif.

## **PEMBAHASAN**

Berbagai jurnal menyatakan bahwa penelitian mengenai efek paparan arus listrik secara langsung pernah dilakukan sebelumnya dengan berbagai modifikasi perlakuan.

Penelitian tahun 1965 pada hewan coba anjing menggunakan tegangan 360V, arus bolak-balik, dan arus searah secara kontak langsung, hasil biopsi menunjukkan peningkatan jumlah inti dalam setiap serabut otot. Selanjutnya proliferasi ini menghasilkan penggumpalan sejumlah besar inti, sedangkan perubahan akhir yaitu membran sarkoplasma sepenuhnya hancur yang merupakan tanda adanya nekrosis dari miofibril.<sup>10</sup> Penelitian tersebut bertujuan untuk

mengetahui efek paparan arus listrik dalam resusitasi jantung, membandingkan efek patologik arus bolak-balik dan arus searah, dan menentukan hubungan antara arus digunakan dengan lesi yang muncul.

Penelitian tahun 1984 pada tikus dipapar dengan arus bolak-balik 150mA pada tegangan 220V selama 15 detik secara kontak langsung memperlihatkan gambaran hiperkontraksi otot, nekrosis, dan pengosongan pipa sarkolema.<sup>21</sup>

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan paparan arus listrik secara langsung terhadap kerusakan otot gastroknemius tikus *Wistar*. Hasil penelitian diharapkan dapat dijadikan dasar penelitian selanjutnya untuk kepentingan medikolegal. *The post test only control group design* merupakan metode yang digunakan oleh peneliti pada penelitian eksperimental ini.

Jejas pada otot ekstremitas mendominasi gambaran klinis segera setelah terjadinya trauma sengatan listrik. Kontraksi menetap otot seran lintang adalah tanda klinis terbanyak yang ditemukan pada trauma sengatan listrik.<sup>11</sup> Gambaran histopatologik yang terlihat pada sel otot skelet akibat kontak langsung dengan sumber arus listrik menunjukkan adanya kontraksi menetap berupa pemendekan sarkomer yang dapat dilihat dengan mikroskop elektron.<sup>6</sup>

Kerusakan otot gastroknemius tikus *Wistar* berupa titik hiperkontraksi yang ditemukan pada hasil penelitian dapat diakibatkan karena adanya kontraksi menetap dari serabut otot akibat adanya arus bolak-balik pada frekuensi 50Hz yang melintasi otot tanpa mengubah transmembran potensial untuk menaikkan aksi potensial.<sup>23</sup> Selain itu penulis mengasumsikan bahwa adanya kontraksi menetap mungkin juga menjadi lebih nyata karena hewan coba melakukan

perlawanan pada perlakuan dekapitasi saat penelitian, akan tetapi keberadaan faktor perancu berupa tindakan dekapitasi tidak dibahas dalam penelitian ini.

Kerusakan jaringan otot ekstremitas akibat serangan listrik pada kelompok perlakuan juga disebabkan akibat adanya perubahan energi listrik menjadi energi panas dan efek kimia-fisik dari energi listrik pada jaringan otot. Efek kimia-fisik ini terjadi karena adanya perubahan permeabilitas membran akibat adanya kenaikan ambang rangsang listrik sel dan variasi konsentrasi ion-ion anorganik serta polarisasi molekul listrik.<sup>10,11,12</sup> Perubahan karakteristik membran tersebut dikenal dengan istilah elektroporasi yaitu sebuah proses akibat adanya medan listrik yang mengakibatkan membran sel menjadi permeable terhadap ion dan molekul besar seperti DNA, dan memicu terjadinya disfungsi sel.<sup>9</sup>

Penelitian menunjukkan terdapat jumlah titik hiperkontraksi lebih banyak pada kelompok perlakuan dibandingkan dengan kelompok kontrol. Titik hiperkontraksi paling banyak didapatkan pada kelompok perlakuan 4 (P4) dengan paparan arus listrik sebesar 91-120mA, sedangkan paling sedikit didapatkan pada kelompok perlakuan 1 (P1) dengan paparan arus listrik sebesar 1-30mA. Data penelitian menunjukkan nilai rata-rata titik hiperkontraksi yang semakin meningkat searah dengan penambahan kuat arus listrik, sehingga dapat dikatakan bahwa paparan arus listrik secara langsung memiliki hubungan positif kuat dengan jumlah titik hiperkontraksi otot gastroknemius tikus *Wistar*, dengan kata lain semakin tinggi paparan arus listrik maka semakin banyak jumlah titik hiperkontraksi otot gastroknemius tikus *Wistar*.

## **SIMPULAN**

Terdapat hubungan paparan arus listrik secara langsung terhadap kerusakan otot gastroknemius tikus *Wistar*.

## **SARAN**

Perlu adanya penelitian lanjutan mengingat penelitian semacam ini masih jarang dilakukan dan eksplorasi lebih lanjut dengan durasi penelitian yang lebih lama dan kuat arus yang lebih bervariasi. Perlu juga diadakan penelitian lain dengan lapangan pandang dan preparat lebih banyak.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Rektor Universitas Diponegoro yang telah memberikan kesempatan untuk belajar dan mengemban pendidikan.
2. Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengembangkan dan meningkatkan ilmu pengetahuan.
3. Dr. Gatot Suharto, S.H., SpF, M.Kes, dosen pembimbing karya tulis ilmiah yang senantiasa menuntun penulis sampai akhir penelitiannya.
4. Dr. Arfi S., Sp.FK, dosen pembimbing karya tulis ilmiah yang telah sangat membantu penulis dalam penyelesaian penelitian.
5. Bapak Hurip Santoso dan Ibu Lilik Nurhayati yang tidak lelah memberi dukungan dalam setiap jejak kehidupan, khususnya dalam penyelesaian penelitian ini.

Akhirnya, semoga Tuhan selalu melimpahkan kasih dan tidak membiarkan kita untuk berada jauh dariNya.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Gabriel, J. Fisika kedokteran. Jakarta; EGC; 1996
2. Martinez JA, Nguyen T. Electrical injuries. Southern Medical Journal. 2000.
3. Dahlan S. Ilmu kedokteran forensik. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro; 2007.
4. Knight B. Forensik pathology. Second Edition. London: Arnold; 1996.
5. Chandrasoma P, Taylor R. Concise pathology. Stamford: Appleton & Lange; 1998.
6. Cooper AM, Price TG. Electrical and lightning injuries. [online];[cited 2009 Des 11]. Available from: [http://209.85.175.104/search?q=cache:HE\\_DBlqTcFcJ:www.uic.edu/labs/lightninginjury/Electr%26Ltn.pdf+timothy+g+price+electrical+and+lightning+injuries&hl=id&ct=clnk&cd=1&gl=id](http://209.85.175.104/search?q=cache:HE_DBlqTcFcJ:www.uic.edu/labs/lightninginjury/Electr%26Ltn.pdf+timothy+g+price+electrical+and+lightning+injuries&hl=id&ct=clnk&cd=1&gl=id)
7. Dimaio VJM, Dana SE. Handbook of forensic pathology. Texas: Landes Bioscience; 1998.
8. Gray JLE, Wilson V, Noriega N, Noriega C, Lambright C, Furr J, et al. Use the Laboratory Rat as a Model in Endocrine Disrupt or Screening and Testing. [online] c2004 [cited 2009 Des 9]. Available from: URL:

[http://dels.nas.edu/ilar\\_n/ilajournal/45\\_4/pdfs/v4504gray.pdf](http://dels.nas.edu/ilar_n/ilajournal/45_4/pdfs/v4504gray.pdf)

9. Morse MS, Berg JS, Wolde TL. Diffuse electrical injury-a study of a 136 subjects. [online] c2003 [cited 2009 Des 10]. Available from:

[http://www.electricalinjury.com/publications/MORSE\\_EMBS\\_DEI\\_03.pdf](http://www.electricalinjury.com/publications/MORSE_EMBS_DEI_03.pdf)

10. World Health Organization. Research Guidelines For Evaluating The Safety and Efficacy of Herbal Medicine. Manilla: Reg Office For the Western Pasific. 1993.p.31-41.

11. Worldortho textbook of orthopaedics, trauma, and sport medicine. Electronic textbook injuries chapter 63 electrical. [serial online]. 2009 [cited 2010 june 28]. Available from:URL:

<http://www.worldortho.com/dev/index.php?>

[option=com\\_content&view=article&catid=1:latest&id=2165:electronic-textbook-injuries-chapter-63-electrical.](http://www.worldortho.com/dev/index.php?option=com_content&view=article&catid=1:latest&id=2165:electronic-textbook-injuries-chapter-63-electrical)

12. Mayang Lestari, Tri. Hubungan Lama Paparan Arus Listrik Bolak-Balik di Air terhadap Derajat Kerusakan Otot Ekstremitas Tikus *Wistar*. Semarang: FK Undip; 2008, hal 1-12.