

**PERBEDAAN EFEK PAPARAN ARUS LISTRIK  
MELALUI MEDIUM AIR TERHADAP GAMBARAN  
HISTOPATOLOGIK OTOT *GASTROCNEMIUS*  
EKSTREMITAS KIRI DEPAN DENGAN KANAN DEPAN  
TIKUS *WISTAR***

*THE DIFFERENCE OF HISTOPATOLOGIC PRESENTATION AFTER  
ELECTRICAL INSULT IN FRESH WATER BETWEEN GASTROCNEMIUS  
MUSCLE LEFT UPPER LIMB AND RIGHT UPPER LIMB ON WISTAR RATS*

**ARTIKEL KARYA TULIS ILMIAH**

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

**ULFAH PERMATASARI  
G2A 006 190**

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

**PERBEDAAN EFEK PAPARAN ARUS LISTRIK  
MELALUI MEDIUM AIR TERHADAP GAMBARAN HISTOPATOLOGIK  
OTOT *GASTROCNEMIUS*  
EKSTREMITAS KIRI DEPAN DENGAN KANAN DEPAN  
TIKUS *WISTAR***

Ulfah Permatasari<sup>1</sup>, Hadi<sup>2</sup>, Gatot Suharto<sup>2</sup>

**ABSTRAK**

**Latar belakang:** Kematian akibat trauma listrik melalui medium air, memiliki tanda yang tidak spesifik. Hal ini menyebabkan sulitnya penegak hukum untuk mencari sampel yang tepat pada korban sebagai alat bukti. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan efek paparan arus listrik melalui medium air terhadap gambaran histopatologik yang berupa hiperkontraksi otot *gastrocnemius* ekstremitas kiri depan dengan kanan depan tikus *Wistar*.

**Metode:** Penelitian eksperimental laboratorium dengan rancangan penelitian *post test only group design*. Sampel 24 ekor tikus *Wistar* terbagi atas 4 kelompok perlakuan, tiap kelompok terdiri atas 6 ekor tikus *Wistar*. Kelompok P1(1-30 mA), P2(31-60 mA), P3(61-90 mA), P4(91-120 mA), masing-masing kelompok diberikan paparan arus listrik melalui medium air dengan kuat arus yang telah ditentukan untuk masing-masing kelompok selama 60 detik. Organ yang digunakan adalah otot *gastrocnemius* ekstremitas kiri depan dan kanan depan, kemudian dilakukan pengecatan Hematoksilin Eosin. Gambaran histopatologik yang berupa hiperkontraksi dihitung pada lima lapangan pandang dalam satu preparat dibawah mikroskop cahaya dengan pembesaran 400X.

**Hasil:** Uji hipotesis *independent-t test* didapatkan hasil tidak adanya perbedaan yang bermakna pada semua kelompok perlakuan (X1  $p=0,234$ ; X2  $p=0,819$ ; X3  $p=0,496$ ; X4  $p=0,569$ ) atau ( $p>0,05$ ) antara otot *gastrocnemius* ekstremitas kiri depan dengan kanan depan yang mengalami hiperkontraksi karena paparan arus listrik melalui medium air.

**Simpulan:** Tidak terdapat perbedaan efek paparan arus listrik melalui medium air terhadap gambaran histopatologik yang berupa hiperkontraksi otot *gastrocnemius* ekstremitas kiri depan dengan kanan depan tikus *Wistar*.

**Kata kunci:** arus listrik, medium air, otot *gastrocnemius*, hiperkontraksi

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

<sup>2</sup> Staf pengajar Bagian Forensik Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro

**THE DIFFERENCE OF HISTOPATOLOGIC PRESENTATION  
ELECTRICAL INSULT IN FRESH WATER  
BETWEEN GASTROCNEMIUS MUSCLE LEFT UPPER LIMB AND  
RIGHT UPPER LIMB ON WISTAR RATS**

**ABSTRACT**

**Background:** electrocution in water had no specific mark. This phenomenon caused difficulties in proofing human deaths by electrical current for judge. This study was aimed to prove the difference of histopatologic presentation after electrical insult in fresh water between gastrocnemius muscle left upper limb and right upper limb on Wistar rats.

**Methods:** This was a laboratory experimental study with post test only group design, using 24 wistar rats divided into 4 groups through simple random sampling. The first group (P1) received 1 – 30 mA of electrical current, the second (P2) received 31 – 60 mA, the third (P3) received 61 – 90 mA, and the last (P4) received 91 – 120 mA of electrical current. These currents were received through fresh water in 60 seconds. After electrocution in fresh water was performed then the decapitation of the rats in order to gain the gastrocnemius muscles of left upper limbs and right upper limbs. These muscles were made into histopatological specimens and the hypercontractions were counted. Statistical analysis was conducted by using the independent-t test each group.

**Result:** Due to the analysis of the mean score there was no significant difference between left upper limbs and the right upper limbs in every group because  $p \geq 0,05$  ( $p=0.234$ ;  $p=0.819$ ;  $p=0.496$ ; and  $p=0.569$  respectively).

**Conclusion:** there is no different of histopatologic presentation after electrical insult in fresh water between gastrocnemius muscle left upper limb and right upper limb on Wistar rats.

**Keywords:** electrical current, water conduction, gastrocnemius muscle, hypercontraction.

## PENDAHULUAN

Kasus kematian akibat trauma listrik ini, merupakan salah satu diantara banyak penyebab kematian tidak wajar dalam masyarakat, tanpa tanda-tanda *post-mortem* yang khas. Arus listrik baru didiagnosa sebagai penyebab kematian jika, ditemukan konduktor listrik disekitar tempat kejadian perkara, adanya saksi yang melihat secara langsung bahwa telah terjadi paparan listrik pada korban atau jika ditemukan adanya luka bakar tanpa diketahui adanya penyebab yang lain.<sup>1</sup> Korban yang dicurigai meninggal secara tidak wajar, harus ditemukan diagnosa pasti penyebab kematiannya dan bukan berdasarkan penyingkiran kemungkinan sebab-sebab lain, karena suatu pidana dapat dijatuhkan pada seseorang oleh pengadilan, bila ada alat bukti yang syah.<sup>2</sup>

Kematian akibat trauma listrik tidak hanya terjadi karena kontak langsung dengan sumber listrik, namun dapat juga terjadi melalui medium air, seperti kejadian saat di kamar mandi maupun saat di kolam renang.<sup>1</sup> Air merupakan salah satu konduktor untuk listrik. Air, erat pula kaitannya dengan kehidupan manusia, hal inilah yang menambah daftar kematian akibat trauma listrik.<sup>3</sup>

Air sebagai mediator, dapat membuat tahanan tubuh menjadi rendah. Sifat air inilah yang menyebabkan, tidak cukupnya jumlah produksi panas pada trauma akibat listrik melalui medium air, untuk meningkatkan suhu mencapai titik leleh, sehingga tidak menimbulkan luka bakar spesifik pada kulit, namun menimbulkan kerusakan jaringan yang semakin besar.<sup>4,5</sup>

Terdapatnya tahanan yang besar pada kulit basah membuat *electrical mark* menjadi tidak terbentuk, namun ditemukan adanya garis merah yang terbentuk pada berbatasan antara bagian tubuh yang terendam air dan bagian tubuh yang tidak terendam air. Fenomena ini disebut *border zone phenomenon*, yang tidak selalu dapat ditemukan pada kasus sengatan listrik di air. Literature forensic Holzer menyebutkan bahwa garis tersebut sejajar dengan permukaan air, pucat dan tidak berbeda bentuk dengan perubahan post-mortem.<sup>6</sup> Pendapat inilah yang membuat tanda tersebut tidak dapat dikatakan sebagai tanda spesifik pada trauma akibat listrik melalui medium air.

Penelitian yang dilakukan oleh Smith, menggunakan paparan arus listrik dalam dosis yang tidak mematikan pada hewan coba anjing dan sampel otot diambil tujuh hari setelah paparan arus listrik diberikan.<sup>7</sup> Belum ada penelitian yang menggunakan paparan arus listrik dalam dosis yang mematikan (*lethal dose*), hal inilah yang membuat peneliti melakukan penelitian pendahuluan menggunakan arus listrik dalam dosis yang mematikan menggunakan hewan coba berupa tikus *Wistar* dan sampel otot diambil sesaat setelah tikus mati karena paparan arus listrik.

Hasilnya, tidak didapatkan gambaran nekrosis pada serabut otot *gastrocnemius*, namun didapatkan gambaran hiperkontraksi pada serabut otot *gastrocnemius*, sehingga pada penelitian selanjutnya, gambaran histopatologi yang diamati pada otot *gastrocnemius* akan difokuskan pada hiperkontraksi pada serabut otot *gastrocnemius*.

Berdasarkan fakta-fakta di atas, maka penulis bermaksud mengadakan penelitian eksperimental untuk menganalisis perbedaan efek paparan arus listrik melalui medium air terhadap gambaran histopatologik yang berupa hiperkontraksi otot *gastrocnemius* ekstremitas kiri depan dengan kanan depan tikus *Wistar*. Penelitian ini menggunakan hewan coba tikus *Wistar* karena secara kode etik tidak mungkin melakukan eksperimen pada manusia dan karena sifat tikus *Wistar* homolog dengan manusia.<sup>8</sup>

## **METODE**

Penelitian ini meliputi bidang Forensik, Patologi Anatomi, Fisika, dan Histologi. Penelitian dilakukan dalam selang waktu Maret-Mei 2010 di laboratorium Konversi Energi Listrik dan Sistem Tenaga Teknik Elektro UNDIP, laboratorium Patologi Anatomi FK UNDIP, laboratorium Biologi UNNES.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorik dengan desain penelitian *post test only group design* menggunakan tikus *Wistar* jantan sehat dengan berat badan 150-200 gram sebagai obyek penelitian. Perlakuan dalam penelitian ini adalah pemberian arus listrik pada tikus *Wistar* melalui medium air.

Keluaran (*outcome*) yang dinilai adalah gambaran histopatologi otot yang berupa jumlah hiperkontraksi serabut otot *gastrocnemius* tikus *Wistar*.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah besar arus listrik bolak balik (AC). Pengukuran besar arus listrik AC menggunakan alat Ampemeter dengan satuan mili Ampere dalam skala ordinal. Variabel tergantung dalam penelitian ini adalah jumlah hiperkontraksi serabut otot *gastrocnemius* tikus *Wistar* sebagai gambaran histopatologi otot. Penghitungan jumlah hiperkontraksi serabut otot *gastrocnemius* tikus *Wistar*, menggunakan mikroskop cahaya dengan pembesaran 400x dalam skala interval.

Besar sampel berdasarkan kriteria WHO yaitu setiap kelompok terdiri minimal atas 5 sampel. Penelitian ini menggunakan 6 sampel untuk tiap kelompok. Terdapat 4 kelompok perlakuan, jumlah sampel yang dibutuhkan adalah 24 tikus *Wistar*.

Adaptasi 24 ekor tikus *Wistar* jantan selama 7 hari di laboratorium dengan kandang tunggal dan diberi pakan standar serta minum secukupnya. Pada hari kedelapan, membagi tikus *Wistar* menjadi 4 kelompok yang masing-masing terdiri dari 6 ekor tikus *Wistar* yang dipilih secara acak. Setiap kelompok tikus *Wistar* diberi tanda dengan asam pikrat pada daerah yang berbeda yaitu kepala, punggung, ekor, dan kaki, kemudian ditimbang berat badannya. Memberikan paparan arus listrik melalui medium air selama 60 detik pada kelompok P1(1-30 mA), P2(31-60 mA), P3(61-90mA), dan P4(91-120mA) dengan cara mencelupkan ujung konduktor ke dalam wadah kaca/ aquarium berukuran 20,5 x 19,5 x 14,5 sentimeter yang diisi air sumur artesis sebanyak 0,5 liter. Mematikan hewan coba yang belum mati dengan cara dekapitasi leher. Membuat irisan pada kulit betis ektremitas tikus *Wistar* dengan menggunakan pisau. Memisahkan otot dari lapisan kulit, fascia, dan jaringan subkutan di atasnya. Kemudian mengambil setengah otot *gastrocnemius* bagian bawah (*distal*). Sampel otot tersebut diletakkan pada tabung berisi cairan pengawet bufer formalin 10% dengan perbandingan 1 bagian otot dan 9 bagian bufer formalin 10 %. Meletakkan tabung berisi sampel otot *gastrocnemius* tikus *Wistar* ke rak tabung kemudian diserahkan ke analis guna mengolahnya mengikuti metode baku histologi dengan pewarnaan

*Hematoxylin-Eosin*. Setiap sampel otot dibuat preparat dengan potongan *longitudinal*. Preparat tersebut akan dibaca oleh seorang dokter spesialis patologi anatomi dan peneliti. Pembacaan preparat dalam lima lapangan pandang dengan perbesaran 400x. Sasaran yang dibaca adalah hiperkontraksi serabut otot sebagai gambaran histopatologi otot *gastrocnemius*. Data pemeriksaan dicatat dalam formulir untuk kemudian dianalisis.

Data diolah dengan program SPSS 15 *for Windows* dan dilakukan uji normalitas. Untuk uji hipotesis menggunakan statistic parametric *Independent-t test*.

## HASIL

Perbedaan efek paparan arus listrik melalui medium air terhadap gambaran histopatologik yang berupa hiperkontraksi otot *gastrocnemius* ekstremitas kiri depan dengan kanan depan tikus Wistar, dapat dijelaskan dalam tabel berikut ini:

**Tabel 1.** Perbedaan jumlah hiperkontraksi otot *gastrocnemius* ekstremitas kiri depan dengan kanan depan karena paparan arus listrik melalui medium air.

| Besar arus listrik | kiri depan<br>Rerata<br>(simpang baku) | kanan depan<br>Rerata<br>(simpang baku) | <i>p</i> * |
|--------------------|--|---|------------|
| 1-30 mA            | 103,3<br>(37,73)                       | 135,8<br>(50,19)                        | 0,234      |
| 31-60mA            | 205,1<br>(54,32)                       | 197,5<br>(58,55)                        | 0,819      |
| 61-90mA            | 268,3<br>(138,99)                      | 318,6<br>(105,32)                       | 0,496      |
| 91-120mA           | 342,0<br>(106,86)                      | 313,0<br>(55,69)                        | 0,569      |

\*Uji t-tidak berpasangan

**Gambar 1.** Gambar serabut otot *gastrocnemius* tikus Wistar karena paparan arus listrik bolak balik melalui medium air.

hiperkontraksi

a. Kaki kiri depan

hiperkontraksi

a. Kaki kanan depan

**Keterangan :** a, b potongan longitudinal  $\frac{1}{2}$  bagian distal otot gastrocnemius tikus Wistar, dengan mikroskop cahaya pembesaran 400X tampak gambaran hiperkontraksi serabut otot sebagai efek paparan arus listrik 1-30 mA. Foto: Arfi Syamsun, 2010.

hiperkontraksi



a. Kaki kiri depan

hiperkontraksi

b. Kaki kanan depan

**Keterangan** : a, b potongan longitudinal  $\frac{1}{2}$  bagian distal otot gastrocnemius tikus Wistar, dengan mikroskop cahaya pembesaran 400X tampak gambaran hiperkontraksi serabut otot sebagai efek paparan arus listrik 31-60 mA.  
Foto:Arfi Syamsun, 2010.

hiperkontraksi

a. Kaki kiri depan

hiperkontraksi

b. Kaki kanan depan

**Keterangan** : a, b potongan longitudinal  $\frac{1}{2}$  bagian distal otot gastrocnemius tikus Wistar, dengan mikroskop cahaya pembesaran 400X tampak gambaran hiperkontraksi serabut otot sebagai efek paparan arus listrik 61-90 mA. Foto :Arfi Syamsun, 2010.

hiperkontraksi

a. Kaki kiri depan

hiperkontraksi

b. Kaki kanan depan

**Keterangan :** a, b potongan longitudinal  $\frac{1}{2}$  bagian distal otot *gastrocnemius* tikus Wistar, dengan mikroskop cahaya pembesaran 400X tampak gambaran hiperkontraksi serabut otot sebagai efek paparan arus listrik 91-120 mA. Foto: Arfi Syamsun, 2010.

## PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan rerata jumlah hiperkontraksi otot *gastrocnemius* ekstremitas kiri depan dengan otot *gastrocnemius* ekstremitas kanan depan setelah terpapar arus listrik melalui medium air. Hal ini sesuai dengan teori bahwa sengatan listrik melalui medium air memiliki *entry point* dan *exit point* yang tidak jelas.<sup>1</sup> Elektron-elektron dalam arus listrik akan dibawa oleh ion-ion yang terlarut dalam air, sehingga elektron-elektron tersebut dapat memasuki tubuh korban melalui area yang luas.<sup>9</sup>

Arus listrik yang masuk dalam tubuh akan masuk melalui kontak pertama lalu mengalir melalui sel-sel dalam tubuh dan keluar melalui kontak terakhir, pada keadaan ini arus listrik terkonsentrasi atau memiliki kepadatan tertinggi pada kontak pertama dan kontak terakhir sehingga kerusakan jaringan terbanyak didapatkan pada daerah tersebut.<sup>6, 10</sup>

Arus listrik selalu mencari rute terpendek dan tercepat saat melewati tubuh dari *entry point* menuju *exit point*.<sup>1, 3, 11</sup> Sengatan listrik akan menjadi sangat berbahaya apabila melewati organ vital tubuh seperti jantung, otot-otot pernafasan dan otak.<sup>2, 7, 12</sup> Belum jelasnya *entry* dan *exit point* pada paparan arus listrik melalui medium air inilah yang dapat membuat kemungkinan arus listrik melewati organ vital tubuh dan menyebabkan kematian.

Energi listrik yang langsung berpengaruh pada organ tubuh menyebabkan potensial membran pada organ yang terkait menjadi terganggu.<sup>3, 11</sup> Sengatan listrik dapat menyebabkan proses *electroporasi* yaitu pembentukan lubang-lubang pada membran sel, sehingga terjadi kematian sel tanpa adanya pemanasan yang signifikan.<sup>11</sup>

*Electroporasi* yang terjadi, menyebabkan kerusakan sel sehingga permeabilitas sel terganggu dan memicu timbulnya tetani.<sup>8</sup> Gambaran tetani pada jaringan otot secara mikroskopis, tampak sebagai serabut otot yang bergelombang (hiperkontraksi).<sup>13</sup>

Sengatan listrik melalui medium air, memiliki kerusakan jaringan terbanyak pada daerah yang terkena air, hal ini didukung pula oleh sifat air yang dapat menurunkan nilai tahanan kulit sehingga meningkatkan bahaya dari sengatan arus listrik itu sendiri.<sup>1, 4</sup> Tingkat kerusakan jaringan mungkin juga terjadi karena belum jelasnya *entry* dan *exit point* pada trauma akibat listrik melalui medium air, hal ini memungkinkan semua bagian tubuh yang terkena air dapat menjadi *entry* maupun *exit point*.<sup>1</sup>

## SIMPULAN

1. Tidak terdapat perbedaan jumlah hiperkontraksi otot *gastrocnemius* ekstremitas kiri depan dengan otot *gastrocnemius* ekstremitas kanan depan karena paparan arus listrik (1-30 mA) melalui medium air.
2. Tidak terdapat perbedaan jumlah hiperkontraksi otot *gastrocnemius* ekstremitas kiri depan dengan otot *gastrocnemius* ekstremitas kanan depan karena paparan arus listrik (31-60 mA) melalui medium air.

3. Tidak terdapat perbedaan jumlah hiperkontraksi otot *gastrocnemius* ekstremitas kiri depan dengan otot *gastrocnemius* ekstremitas kanan depan karena paparan arus listrik (61-90 mA) melalui medium air.
4. Tidak terdapat perbedaan jumlah hiperkontraksi otot *gastrocnemius* ekstremitas kiri depan dengan otot *gastrocnemius* ekstremitas kanan depan karena paparan arus listrik (91-120 mA) melalui medium air.

## **SARAN**

Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menganalisis kerusakan otot pada bagian tubuh yang kering dengan bagian tubuh yang basah dalam satu individu karena paparan arus listrik melalui medium air.

## **UCAPAN TERIMAKASIH**

Ucapan terima kasih disampaikan kepada dr. Hadi , Msi.Med, dr. Gatot Suharto, SH, SpF,Mkes serta dr. Arfi Syamsun, SpKF sebagai pembimbing karya tulis ilmiah yang telah membantu penulis dalam menyusun dan menyelesaikan penelitian ini, dr. Neni Susilaningsih, M.Si, yang telah meluangkan waktu untuk membantu penyusunan karya tulis ilmiah ini, dr. Udadi Sadhana, M.Kes, Sp.PA, sebagai konsultan dalam pembacaan preperat. Serta semua pihak yang telah membantu dalam menyusun laporan penelitian yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. DiMaio VJM, Dimaio D. Forensic pathology. 2nd ed. London: CRC Press; 2001: 200-8.
2. Dahlan S. Ilmu kedokteran forensik. Semarang: Balai Penerbit Universitas Diponegoro; 2000: 31, 72.
3. Knight B. Forensic pathology. 2nd ed. New York: Arnold; 1996: 319-32.
4. Morse MS, Berg JS, Ten Wolde TL. Diffuse electrical injury-a Study of a 136 subjects [homepage on the internet]. c2003 [cited 2009 Jan 14]. Available from: [http://www.electricalinjury.com/pablications/MORSE\\_EMBS\\_DEI\\_03.pdf](http://www.electricalinjury.com/pablications/MORSE_EMBS_DEI_03.pdf)
5. Gabriel JF. Fisika kedokteran. 9th ed. Jakarta: EGC; 2002: 201-30.

6. Bockholdt B, Schneider V. Death by electrocution on bathtub. [serial on the internet]. 2003 [cited 2009 Oct 11]; Available from: <http://www.medline.ru/public/sudm/a2/art3-2-2.phtml>
7. Smith GT, Beeuwkes R, Tomkmewicz ZM, Abe T, Lown B. Pathological changes in skin and skeletal muscle following alternating current and capacitor discharge. *Am J Physiol* 1965;47: 1-17.
8. Gray LE Jr., Wilson V, Noriega N, Lambright C, Furr J, Stoker TE et al. Use the laboratory rat as a model in endocrine disrupt or screening and testing. *ILAR Journal* 2004;45(4):425-37.
9. Light TS, Stuart L, Bevilaqua AC. The fundamental conductivity and resistivity of water. [homepage on the internet]. c2004 Mei 29 [cited 2008 Nov 29]: Available from: <http://www.ajronline.org/cgi/reprint/97/3/682.pdf>
10. Lee RC, Zhang D, Hannig J. Biophysical injury mechanisms in electrical shock trauma. *Annu Rev Biomed Eng* 2000; 02: 477-509.
11. Spies C, Trohman RG. Electrocution and life-threatening electrical injuries. *Ann Intern Med* 2006;145:531-537.
12. Cooper AM, Price TG. Electrical and lightning injuries. [homepage on the internet]. C2009 [cited 2009 Oct 11]. Available from: <http://www.uic.edu/labs/lightninginjury/Electr&Ltn.pdf>
13. Kilic S, sozuer EM, Deniz K, Saraymen R, Avsarogullari L, Ozkan S. Correlation of serum procalcitonin amd creatine phospo-kinase levels with tissue histopathology in rats exposed to experimental electric injury. *Erciyes Medical Journal* 2007;29:18-24.