



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

THE DIFFERENCES OF HISTOPATOLOGIC PRESENTATION AFTER ELECTRICAL
INSULT IN WATER BETWEEN GASTROCNEMIUS MUSCLE LEFT UPPER LIMB
AND LEFT LOWER LIMB ON WISTAR RATS

ARTIKEL

KARYA TULIS ILMIAH

**Diajukan sebagai syarat untuk mengikuti seminar Laporan akhir hasil karya tulis
ilmiah mahasiswa program strata-1 kedokteran umum**

TEUKU RENDIZA FAISAL

G2A006185

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

TAHUN 2010

PERBEDAAN EFEK VARIASI DOSIS PAPAN ARUS LISTRIK MELALUI MEDIUM AIR TERHADAP GAMBARAN HISTOPATOLOGIK OTOT GASTROCNEMIUS EKSTREMITAS KIRI DEPAN DENGAN KIRI BELAKANG TIKUS WISTAR

Teuku Rendiza Faisal¹⁾, Gatot Suharto²⁾, Hadi²⁾

Latar belakang: Sengatan listrik dapat mengakibatkan cedera atau kematian. Konduktivitas pada air sendiri berhubungan dengan sejumlah mineral atau konsentrasi ionik (konduksi elektrolit) yang biasanya dipengaruhi oleh pertukaran anion, salinitas, keasaman (pH), konduktivitas. Pada umumnya yang terkena dampak sengatan listrik secara langsung adalah otot-otot ekstremitas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan efek paparan arus listrik melalui medium air terhadap kerusakan histopatologi otot gastrocnemius ekstremitas bagian kiri depan dan kiri belakang homolateral tikus wistar.

Metode: Penelitian eksperimental dengan rancangan *post test only group design*. Sampel berupa 24 ekor tikus Wistar jantan yang dibagi secara acak menjadi empat kelompok. K merupakan kelompok kontrol yang hanya diberi akuades. X1 kelompok perlakuan yang diberi arus listrik 1-30mA, X2 kelompok perlakuan yang diberi arus listrik 31-60mA, X3 kelompok perlakuan yang diberi arus listrik 61-90mA. X4 kelompok perlakuan yang diberi arus listrik 91-120mA. Setelah diberi perlakuan tikus dikapitasi pada hari yang sama kemudian otot gastrocnemius kaki kiri depan dan belakang diambil dan diamati gambaran histopatologi.

Hasil: Rerata skor hiperkontraksi otot gastrocnemius ($p < 0,005$). Rerata hiperkontraksi otot gastrocnemius X1 adalah 103,3(kiri depan) dan 101,8(kiri belakang), rerata X2 adalah 205,1(kiri depan) dan 205,8(kiri belakang), rerata X3 adalah 268,3(kiri depan) dan 288,5(kiri belakang), rerata X4 adalah 342(kiri depan) dan 376,8(kiri belakang). Sehingga pada X1,X2,X3,X4 dapat dikatakan tidak bermakna.

Simpulan: Hasil dari X1,X2,X3 dan X4 p nya mempunyai skor $> 0,005$ sehingga Paparan arus listrik pada otot gastrocnemius tidak memberikan perbedaan antar kaki kiri depan dan kaki kiri belakang tikus wistar berupa banyaknya jumlah hiperkontraksi otot.

Kata Kunci: Sengatan listrik, hiperkontraksi otot gastrocnemius.

¹⁾Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro

²⁾Staf Pengajar Bagian Forensik Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro

THE DIFFERENCES OF HISTOPATOLOGIC PRESENTATION AFTER ELECTRICAL INSULT IN WATER BETWEEN GASTROCNEMIUS MUSCLES LEFT UPPER LIMB AND L

EFT LOWER LIMB ON WISTAR RATS

Teuku Rendiza Faisal¹⁾, Gatot Suharto²⁾, Hadi²⁾

Background: The electric shock can result in injury or death. Conductivity of the water itself associated with a number of minerals or ionic concentration (conductivity of electrolytes), which is usually influenced by anion exchange, salinity, acidity (pH), conductivity. In general, electric shock affected directly are the muscles of extremities. This study aimed to analyze the different effects of exposure to electric current through water medium on the limb gastrocnemius muscle histopathological damage to the left front and left rear homolateral rats.

Methods: The experimental research design with post test only design group. Samples of 24 male Wistar rats were divided randomly into four groups. K is a control group who were given only distilled water. X1 treatment group were given one-30mA electric current, X2 treatment group were given electric current 31-60mA, X3 treatment group were given 61-90mA electric current. X4 perlakuan group who were given electric current 91-120mA. After the rats were treated on the same day dikapitasi later gastrocnemius muscles of the front and rear left leg were taken and observed histopathologic picture.

Results: The mean score hiperkontraksi gastrocnemius muscle ($p < 0.005$). Mean gastrocnemius muscle hiperkontraksi X1 is 103.3 (front left) and 101.8 (left rear), X2 is the mean of 205.1 (left front) and 205.8 (left rear), X3 is the average of 268.3 (left front) and 288.5 (left rear), X4 is the average of 342 (front left) and 376.8 (left rear). So in X1, X2, X3, X4 can be said is meaningless.

Conclusion: The results of the X1, X2, X3 and X4 have the score was $p > 0.005$ Exposure to electric current so that the gastrocnemius muscles did not make the difference between the front left leg and left foot back a large number of rats hiperkontraksi muscle.

Keywords: electric shock, hiperkontraksi gastrocnemius muscle.

1) Student Faculty of Medicine of Diponegoro University

2) Lecturer in Forensic Section School of Medicine of Diponegoro University

PENDAHULUAN

Sengatan listrik bisa saja mengakibatkan cedera atau kematian, tetapi kematian akibat serangan listrik dalam air tidak selalu menunjukkan fenomena yang spesifik. Cedera karena listrik menghasilkan sekitar seribu kematian setiap tahunnya. Sekitar 20% dari cedera listrik terjadi pada anak-anak. Pada orang dewasa, sebagian besar luka listrik banyak terjadi di tempat kerja. Biasanya untuk mendiagnosa kematian akibat serangan listrik merupakan hasil kerjasama antara patologi forensik, toksikologi forensik, dan polisi penyidik.¹

Di Semarang, lebih rincinya di Rumah Sakit Dokter Kariadi Kota Semarang telah terdapat kasus kematian/trauma akibat sengatan arus listrik. Menurut data yang didapat, kejadian kematian/trauma akibat sengatan arus listrik dari tahun ke tahun semakin meningkat. Pihak rumah sakit kariadi mencatat bahwa pada tahun 2002 hingga 2005 saja sudah terdapat korban akibat sengatan arus listrik ini sebesar 41 kasus. Sedangkan untuk tahun 2006 hingga 2009 pun jumlah korban kematian/ trauma pun cukup mencengangkan yaitu korban arus listrik bertambah menjadi 52 kasus, yang berarti terjadi kenaikan kasus akibat sengatan arus listrik dalam waktu tersebut.² Ditambah lagi korban meninggal yang tercatat di bagian Forensik Rumah Sakit Umum Pusat Dokter Kariadi, sebanyak 15 kasus pada 5 tahun terakhir (2005-2009).³

Dalam penelitian tentang sengatan listrik pada kali ini menggunakan media air. Penelitian ini menggunakan media air karena banyak kasus meninggal yang terjadi di dalam air. Air sendiri merupakan salah satu konduktor yang baik untuk listrik dan erat kaitannya dengan kehidupan manusia. Pengaruh-pengaruh media air pada serangan listrik ternyata juga dapat menyebabkan tahanan tubuh menjadi rendah, hal ini yang menyebabkan tidak timbulnya luka bakar yang spesifik pada kulit. Konduktivitas pada air sendiri ternyata berhubungan dengan sejumlah mineral, atau konsentrasi ionik (konduksi elektrolit) yang biasanya dipengaruhi oleh pertukaran anion, salinitas, keasaman (pH), konduktivitas.⁴

Seseorang yang terkena sengatan listrik berkekuatan tinggi biasanya otot dada akan kejang dan menghambat pernafasan, kemudian sistem syaraf akan lumpuh, lalu jantung akan berdebar-debar secara tidak teratur, dan pembuluh darah akan berhenti untuk mengalirkan darah. Memang pada umumnya yang terkena dampak sengatan listrik secara langsung adalah otot-otot ekstremitas, sehingga terdapat trauma listrik pada jaringan. Dalam penelitian ini memang menggunakan otot-otot ekstremitas (*gastrocnemius*) dari tikus wistar karena otot *gastrocnemius* dalam tikus wistar merupakan otot ekstremitas dengan porsi yang paling besar. Secara umum, jaringan dengan cairan yang tinggi dan konten elektrolit menghantarkan

listrik lebih baik. Jaringan syaraf adalah yang paling tahan, dan bersama-sama dengan pembuluh darah, otot, dan selaput lendir menawarkan jalan resistansi rendah untuk listrik.⁴ Sedangkan kulit adalah resistor utama melawan arus listrik, dan tingkat resistensi ditentukan oleh ketebalan dan kelembaban. Hal ini diketahui dari gambaran histopatologi yang spesifik dimulai dengan proliferasi sarkolema sebagai gambaran kerusakan tingkat awal sampai terjadinya nekrosis otot yang difus dan luas. Tingkat keparahan kerusakan jaringan yang timbul akibat arus listrik yang kontak langsung dengan konduktor atau sumber listrik dipengaruhi oleh: arus listrik, tegangan listrik, tahanan permukaan tubuh dan waktu kontak. Sedangkan faktor-faktor yang menentukan derajat cedera termasuk besarnya energi yang disampaikan, hambatan yang dihadapi, jenis arus, jalur arus, dan lamanya kontak.⁴

Atas fakta-fakta yang sudah diungkapkan maka penulis akan melakukan penelitian tentang perbedaan efek paparan arus listrik melalui medium air terhadap kerusakan histopatologik otot *gastrocnemius* ekstremitas bagian depan dan otot *gastrocnemius* ekstremitas bagian belakang. Karena penelitian ini tidak dilakukan pada manusia maka penelitian ini akan dilakukan dengan binatang yaitu tikus Wistar. Penelitian ini dilakukan dengan memakai hewan percobaan tikus wistar karena tikus homolog dengan manusia.

Apakah terdapat perbedaan kerusakan histopatologik otot *gastrocnemius* ekstremitas bagian depan dan otot *gastrocnemius* ekstremitas bagian belakang homolateral akibat paparan arus listrik melalui media air?

Tujuan umum penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan efek paparan arus listrik melalui medium air terhadap kerusakan histopatologik otot *gastrocnemius* ekstremitas bagian depan dan otot *gastrocnemius* ekstremitas bagian belakang homolateral tikus wistar. Tujuan khusus penelitian ini untuk:

1. Menganalisis perbedaan jumlah hiperkontraksi otot *gastrocnemius* ekstremitas kiri depan dan kiri belakang tikus wistar dengan paparan arus listrik 1-30 mA melalui medium air.
2. Menganalisis perbedaan jumlah hiperkontraksi otot *gastrocnemius* ekstremitas kiri depan dan kiri belakang tikus wistar dengan paparan arus listrik 31-60 mA melalui medium air.
- 3 Menganalisis perbedaan jumlah hiperkontraksi otot *gastrocnemius* ekstremitas kiri depan dan kiri belakang tikus wistar dengan paparan arus listrik 61-90 mA melalui medium air.
4. Menganalisis perbedaan jumlah hiperkontraksi otot *gastrocnemius* ekstremitas kiri depan dan kiri belakang tikus wistar dengan paparan arus listrik 91-120 mA melalui medium air.

Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan informasi :

1. Untuk meningkatkan tingkat kewaspadaan kepada sarana-sarana umum maupun pribadi yang menggunakan arus listrik dan air.
2. Dapat memberikan informasi bagi peneliti lain mengenai perbedaan efek variasi dosis paparan arus listrik melalui medium air terhadap gambaran histopatologi otot *gastrocnemius* ekstremitas bagian depan dengan otot *gastrocnemius* ekstremitas bagian belakang tikus wistar.
3. Untuk menambah wawasan peran air di dalam sengatan listrik di manusia

Tabel 1. Penelitian tentang paparan arus listrik pada otot pada medium air

No.	Judul Penelitian	Peneliti	Hasil
1	<i>How Salinity Affects the Electric Conductivity of Water</i>	Conella, Laguna Hills High School, California, USA	Air garam adalah konduktor yang lebih baik daripada cairan lainnya ⁵

Perbedaan peneliti sebelumnya dengan penelitian ini adalah dari waktu yang digunakan untuk memaparkan arus listrik di air selama 60 detik dan air yang digunakan merupakan air sumur.

METODE

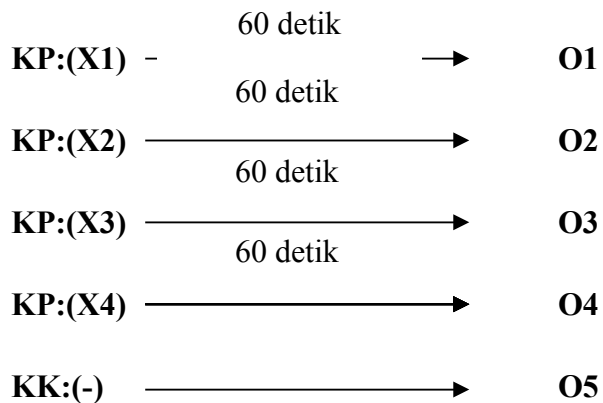
Pembuatan blok parafin, dan pewarnaan/pengecatan jaringan dilakukan di Laboratorium Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (F-MIPA) Universitas Semarang. Adaptasi tikus wistar, perlakuan paparan listrik, pengukuran kadar salinitas air dan pengambilan sampel otot tikus wistar dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang. Pembacaan preparat tersebut dilakukan di Laboratorium Patologi Anatomi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro.

Penelitian dilaksanakan selama 3 bulan, yaitu: Maret 2010 - Mei 2010.

Ilmu Kedokteran Forensik, Ilmu Patologi Anatomi, Ilmu Histologi, Ilmu Fisika.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorik dengan rancangan penelitian *Posttest Only group design* yang menggunakan binatang coba Tikus Wistar sebagai obyek percobaan.

Skema rancangan penelitian untuk menganalisis efek variasi dosis *prelethal* dan *lethal* paparan arus listrik melalui medium air (X1, X2, X3, X4) terhadap kerusakan otot *gastrocnemius* kanan atas dan kanan bawah dari tikus wistar.



Populasi penelitian ini adalah semua tikus Wistar jantan yang diperoleh dari Laboratorium Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (F-MIPA) Universitas Semarang.

A. Kriteria inklusi

1. Tikus jenis *Wistar* jantan.
2. Berat badan : 150-200 gram.
3. Umur 3 – 4 bulan.
4. Anatomi tampak normal.

Kriteria Eksklusi

1. Tikus sakit.
2. Tikus mati sebelum mendapat perlakuan.

Berdasarkan rumus WHO, maka besar sampel untuk setiap kelompok perlakuan pada penelitian ini adalah 6 ekor tikus wistar. Dengan demikian jumlah keseluruhan sampel adalah 24 ekor tikus wistar untuk kelompok perlakuan dan 6 ekor tikus wistar untuk kelompok kontrol.

Untuk menghindari bias maka pengambilan sampel dilakukan dengan cara Pengelompokan yang dilakukan secara acak (*Simple Random Sampling*). Randomisasi langsung dapat dilakukan karena sampel diambil dari tikus *Wistar* yang sudah memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi sehingga dianggap cukup homogen.

Variabel bebasnya arus listrik bertingkat.

Skala : ordinal.

Variabel terganggunya titik hiperkontraksi serabut otot *gastrocnemius*.

Skala : interval

Arus listrik bertingkat adalah arus listrik yang dibuat kelompok-kelompok berjenjang dengan jarak interval kelompok arus listrik yang sama. Pembagian kelompok tersebut berdasarkan besar arus listrik maksimal yang melewati tubuh tikus wistar pada tegangan listrik rumah tangga (220 Volt). Skala : ordinal. Satuan arus listrik : miliampere (mA)

Gambaran histopatologik adalah adanya hiperkontraksi serabut otot *gastrocnemius* berupa pemendekan sarkomer otot yang tampak dari lima lapangan pandang dalam satu preparat di bawah mikroskop cahaya Olympus BX 41 dengan pembesaran 400x.

Skala : interval

A. Alat untuk paparan listrik

1. Rangkaian listrik Perusahaan Listrik Negara (PLN) dihubungkan dengan suplai (regulator).
2. Wadah dari kaca dengan tutup.

B. Alat untuk pemeriksaan histopatologik

1. Pisau skalpel.
2. Pinset bedah.
3. Gunting.
4. Mikroskop.
5. Object glass.
6. Kamera digital.

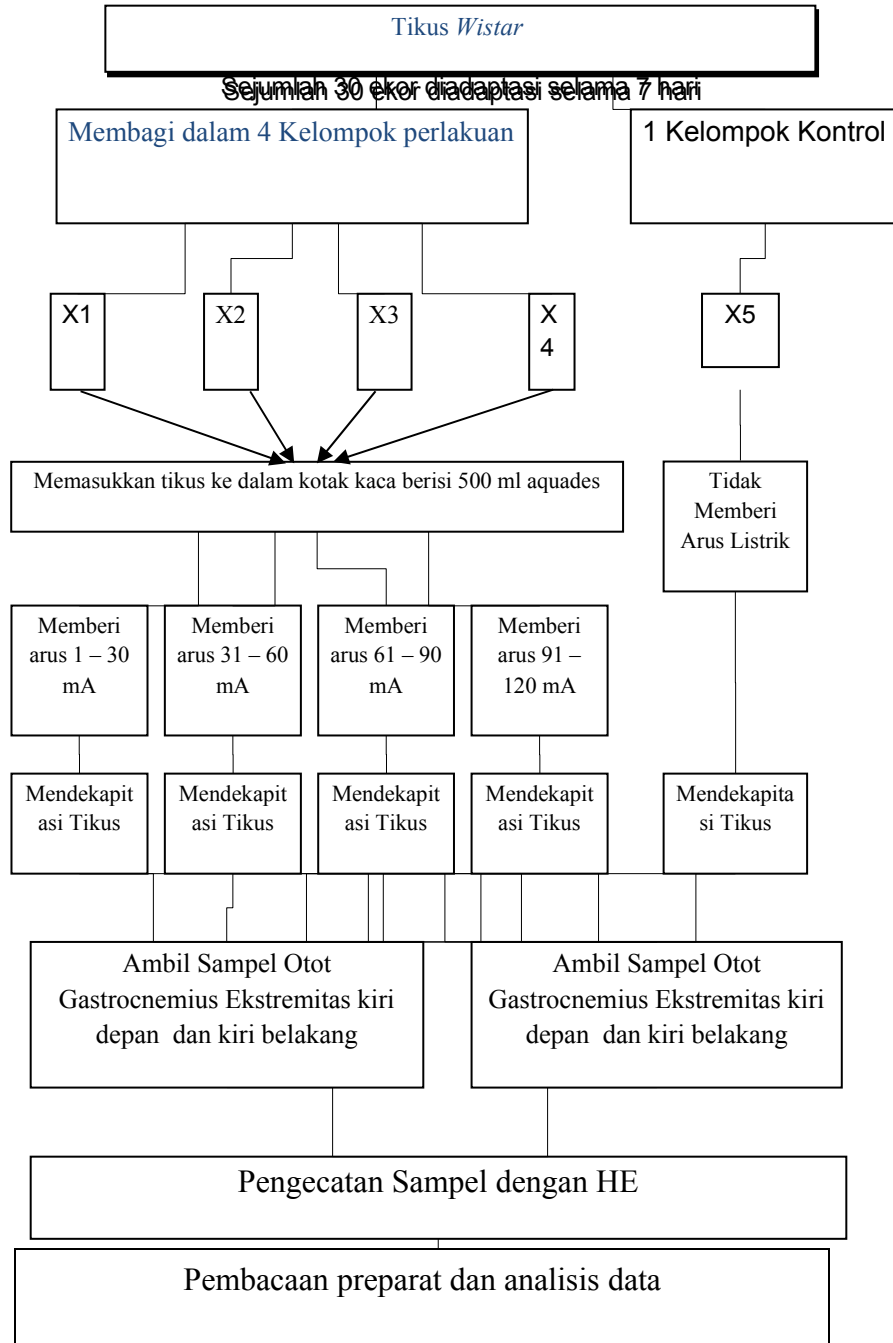
Bahan-bahan untuk percobaan/penelitian ini adalah :

- a. Air sumur
- b. Tikus Wistar.
- c. Asam pikrat.
- d. Spidol.
- e. Bahan-bahan untuk pembuatan blok parafin.
 - Larutan buffer formalin 10%
 - Parafin
 - Larutan xylol
 - Alkohol bertingkat 30%, 40%, 50%, 70%, 80%, 90%, 96%

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data primer hasil penelitian gambaran jumlah titik-titik hiperkontraksi pada serabut-serabut otot *gastrocnemius* bagian depan dari tikus wistar yang terkena kontak listrik melalui medium air yang dibandingkan

dengan otot *gastrocnemius* bagian belakang dari tikus wistar secara homolateral pada medium air yang diberi variasi dosis arus listrik selama 60 detik.

Alur Kerja



Data yang diperoleh diolah dengan program SPSS 15.0 *for Windows* dan dilihat distribusi datanya normal atau tidak dengan uji *Shapiro-Wilk*. Distribusi data normal, varians

data sama, diuji beda dengan menggunakan statistik parametrik *Independent T test*. Distribusi data tidak normal, atau varians data tidak sama, maka dilakukan uji beda menggunakan statistik non parametrik *mann whitney*.

HASIL

Jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian adalah sebanyak 30 ekor tikus *Wistar* dibagi menjadi 5 kelompok yang masing-masing terdiri dari 6 ekor yang dipilih secara acak. Kelompok X1, X2, X3, X4 mendapatkan paparan arus listrik secara langsung sedangkan kelompok X5 sebagai control tidak mendapatkan paparan arus listrik.

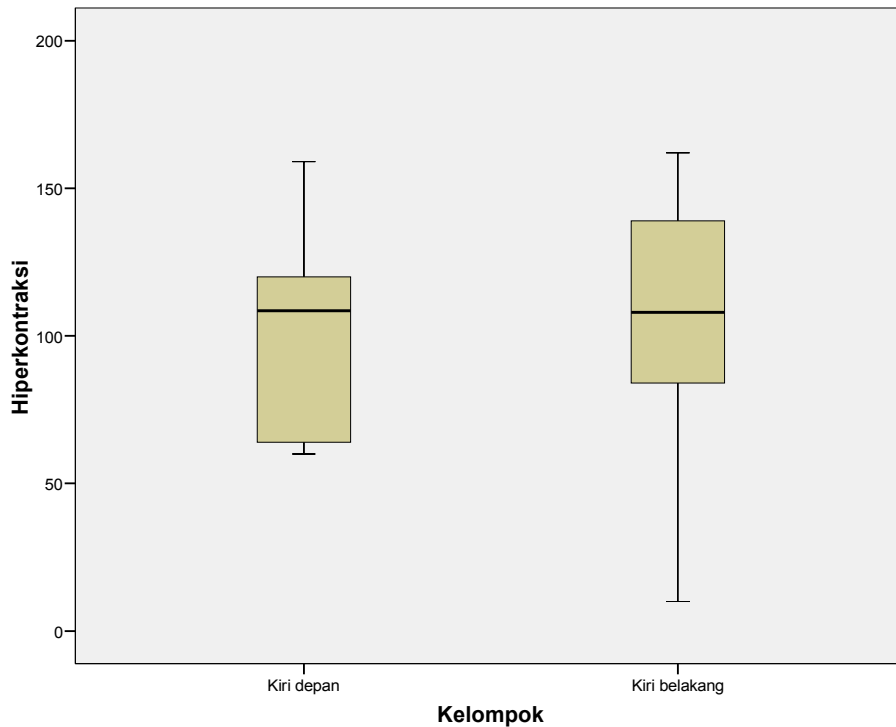
X1 (1-30mA)

Tabel 2. Rerata dan standar deviasi jumlah titik hiperkontraksi otot *gastrocnemius* yang mendapatkan paparan arus listrik 1-30mA

Kelompok	Rerata	SD	Min	Max	P
Kaki kiri depan	103,3	37,7	60	159	0,95
Kaki kiri belakang	101,8	53,6	10	162	

Uji independent T tes signifikan jika $P < 0,05$ (*)

Rerata jumlah titik hiperkontraksi otot *gastrocnemius* yang mendapatkan paparan arus listrik pada kelompok arus 1-30 mA, paling besar adalah kaki kiri depan yaitu $103,3 \pm 37,7$



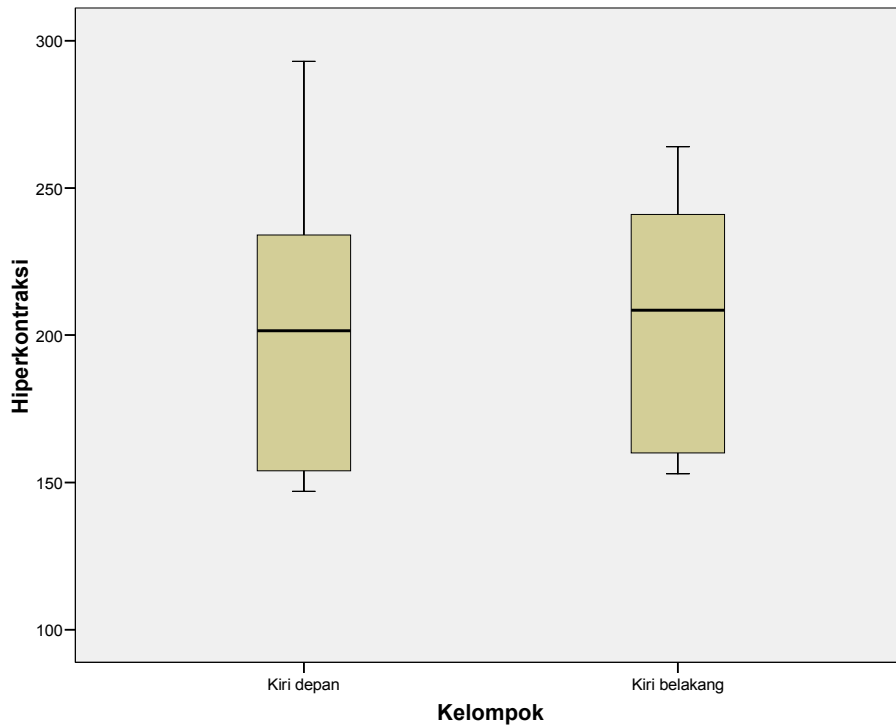
Gambar 3. Grafik *box-plot* jumlah titik hiperkontraksi otot *gastrocnemius* yang mendapatkan paparan arus listrik 1-30 mA(X1)

Median dari jumlah titik hiperkontraksi otot *gastrocnemius* yang mendapatkan paparan arus listrik 1-30 mA terlihat berbeda. Median terbesar pada kaki kiri depan.

X2 (31-60 mA)

Tabel 3. Rerata dan standar deviasi jumlah titik hiperkontraksi otot *gastrocnemius* yang mendapatkan paparan arus listrik 31-60mA

Kelompok	Rerata	SD	Min	Max	P
Kaki kiri depan	205,1	54,3	147	293	0,982
Kaki kiri belakang	205,8	43,6	153	264	



Gambar 4. Grafik *box-plot* jumlah titik hiperkontraksi otot *gastrocnemius* yang mendapatkan paparan arus listrik 31-60 mA(X2)

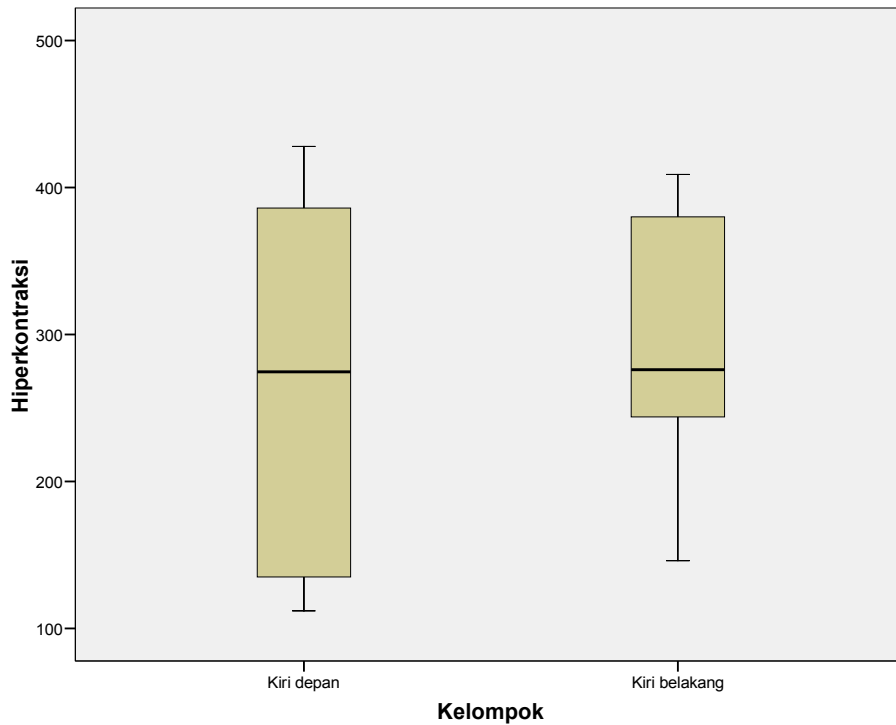
Median dari jumlah titik hiperkontraksi otot *gastrocnemius* yang mendapatkan paparan arus listrik 31-60 mA terlihat berbeda. Median terbesar pada kaki kiri belakang.

X3 (61-90mA)

Tabel 4. Rerata dan standar deviasi jumlah titik hiperkontraksi otot *gastrocnemius* yang mendapatkan paparan arus listrik 61-90mA.

Kelompok	Rerata	SD	Min	Max	P
Kaki kiri depan	268,3	138,9	112	428	0,77
Kaki kiri belakang	288,5	96,3	146	409	

Rerata jumlah titik hiperkontraksi otot *gastrocnemius* yang mendapatkan paparan arus listrik 61-90 mA, paling besar adalah kaki kiri belakang yaitu $288,5 \pm 96,3$



Gambar 5. Grafik *box-plot* jumlah titik hiperkontraksi otot *gastrocnemius* yang mendapatkan paparan arus listrik 61-90 mA(X3)

Median dari jumlah titik hiperkontraksi otot *gastrocnemius* yang mendapatkan paparan arus listrik 61-90 mA terlihat berbeda. Median terbesar pada kaki kiri belakang.

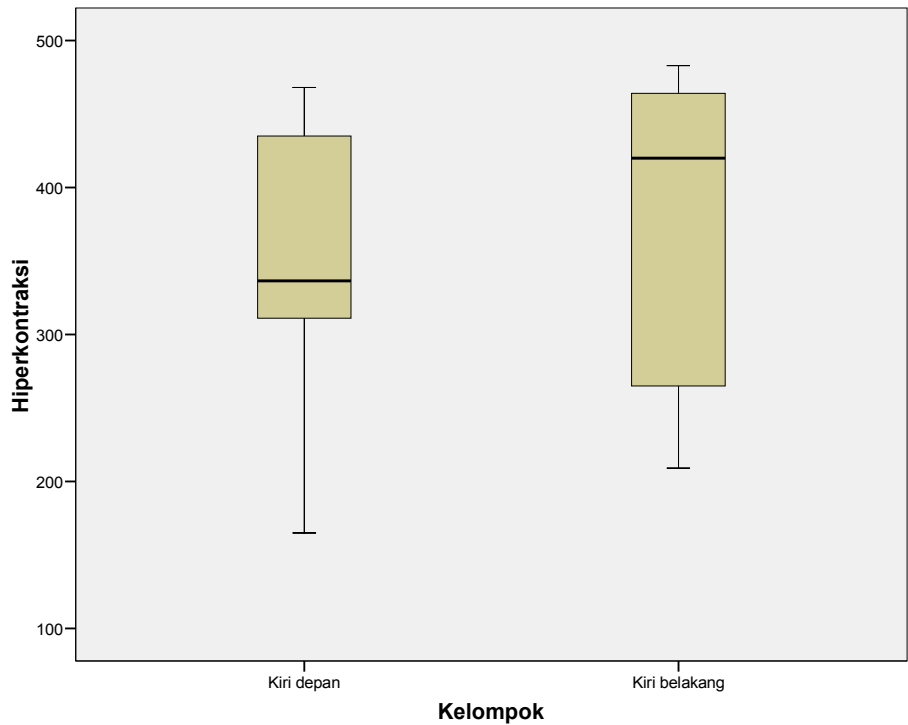
X4 (91-120mA)

Tabel 5. Rerata dan standar deviasi jumlah titik hiperkontraksi otot *gastrocnemius* yang mendapatkan paparan arus listrik 91-120mA

Kelompok	Rerata	SD	Min	Max	P
Kaki kiri depan	342	106,8	165	468	0,598
Kaki kiri belakang	376,8	114,5	209	483	

Uji Independent Sampel signifikan jika $P < 0,05$ (*)

Rerata jumlah titik hiperkontraksi otot *gastrocnemius* yang mendapatkan paparan arus listrik 91-120 mA, paling besar adalah kaki kiri belakang yaitu $376,83 \pm 114,5$



Gambar 6. Grafik *box-plot* jumlah titik hiperkontraksi otot *gastrocnemius* yang mendapatkan paparan arus listrik 91-120 mA(X4)

Median dari jumlah titik hiperkontraksi otot *gastrocnemius* yang mendapatkan paparan arus listrik 91-120 mA terlihat berbeda. Median terbesar pada kaki kiri depan.

Tabel 6. Perbandingan rerata jumlah titik hiperkontraksi otot *gastrocnemius* kiri depan dan kiri belakang pada keempat kelompok .

	X1	X2	X3	X4
	(1-30mA)	(31-60mA)	(61-90mA)	(91-120mA)
P	0,95	0,982	0,77	0,598

Terdapat perbedaan bermakna $p < 0,05$ (*)

Hasil perbedaan antar kelompok , membuktikan bahwa semua kelompok X1,X2,X3,X4 dapat dikatakan tidak bermakna.

Rerata jumlah titik hiperkontraksi otot gastrocnemius dari semua kelompok perlakuan(X1,X2,X3,X4) dikatakan tidak bermakna karena P dari masing-masing kelompok lebih dari 0,05.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada arus 1-30mA, arus 31-60mA, arus 61-90, dan arus 91-120 mA tidak bermakna pada paparan arus listrik dosis bertingkat dengan jumlah titik hiperkontraksi serabut otot *gastrocnemius* kaki kiri depan dengan kaki kiri belakang dalam media air, karena nilai P dari kelompok perlakuan 1, kelompok 2, kelompok 3 dan kelompok 4 mempunyai nilai P lebih dari 0,05. Hal ini berbeda jika kita tidak menggunakan media air, karena pada media langsung dikenal diantaranya teori mengenai ambang persepsi (*threshold of perception*) dan *let go current*. Ambang persepsi mempunyai arus minimum yang dapat dideteksi, sedangkan *let go current* mempunyai definisi arus yang dapat menyebabkan otot-otot berkontraksi namun masih terdapat tarikan tangan kembali dari sumber arusnya.¹³

Hasil dari pemberian arus 1-30 mA, 31-60mA, 61-90mA dan 91-120 mA tidak bermakna tetapi setiap penambahan arus listrik maka kerusakan arus listrik juga semakin besar. Peneliti juga mengamati bahwa otot tersebut juga terjadi interaktif antara aktin dan miosin.²⁸

Sengatan listrik akan menyebabkan zona Z menarik sehingga menjadi lebih dekat satu sama lain dan filamen tipis (mengandung protein aktin dan dua protein yang berkaitan: tropomiosin dan aktin) menyelip ke dalam filamen tebal (mengandung protein miosin) untuk memperpendek sarkomer. Otot dan syaraf adalah jaringan tubuh yang paling rentan dari pengaruh sengatan listrik. Rusaknya jaringan pada sel syaraf atau sel otot yang disebabkan oleh trauma listrik dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu arus listrik, tegangan listrik, tahanan permukaan tubuh, waktu kontak dan luas daerah kontak.^{1,10,13,14}

Semakin besar arus listrik yang memasuki tubuh maka semakin parah kerusakan organ dalam dengan tanpa media ataupun dengan menggunakan media air. Kemampuan suatu media cair untuk menghantarkan arus listrik secara garis besar ditentukan oleh faktor-faktor diantaranya adalah konsentrasi ion, mobilitas ion, status oksidasi dan temperatur zat cair tersebut.⁷

SIMPULAN

Hasil dari penelitian peneliti menyimpulkan bahwa pada perlakuan pertama(X1) hasil P adalah 0,95 untuk perlakuan kedua (X2) hasil P nya adalah 0,982 sedangkan untuk perlakuan ketiga (X3) hasil P nya adalah 0,77 dan untuk perlakuan keempat (X4) hasil P nya adalah 0,598,karena nilai P dari keempat perlakuan lebih dari 0,05 maka dalam keempat perlakuan ini tidak bermakna,tidak bermakna dalam hal ini berarti sesuai dengan hipotesis yang peneliti simpulkan bahwa Jumlah hiperkontraksi otot *gastrocnemius* ekstremitas bagian depan setara dengan jumlah hiperkontraksi otot *gastrocnemius* bagian belakang tikus wistar.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian-penelitian lanjutan tentang berapa arus yang dibutuhkan untuk mengaliri listrik pada otot *gastrocnemius* agar kita bisa mendapatkan hasil yang maksimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih pertama saya ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena telah merestui dan mengijinkan saya menyelesaikan laporan dan artikel ini,kemudian saya mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua saya dan kedua adik saya yang telah membantu dan mendukung saya dalam pembuatan laporan dan artikel ini,tidak lupa saya juga mengucapkan terima kasih kepada dr.Hadi, M.Si,Med,dr.Gatot Suharto,SH,Msi,Med,SpF, dan dr.Arfi Syamsun,SpF, yang telah membimbing saya dalam pembuatan laporan dan artikel ini dan saya juga mengucapkan terima kasih kepada dr. Neni Susilaningsih, Msi, yang telah meluangkan waktu untuk membantu penyusunan karya tulis ilmiah ini dan dr. Udadi Sadhana, M.Kes, Sp.PA, konsultan dalam pembacaan preparat,serta Staf Laboratorium Histologi dan Patologi Anatomi Kedokteran Undip yang sudah membantu dalam pembuatan dan pembacaan preparat.Staf Laboratorium MIPA UNNES yang sudah membantu dalam melakukan perlakuan pada penelitian ini dan Teman-teman angkatan 2006 atas kebersamaan dan dukungannya selama penulis menyusun penelitian.Dan juga semua pihak yang telah

membantu dalam menyusun laporan penelitian yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bagian kedokteran Forensik Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Ilmu kedokteran forensik. Jakarta:FKUI; 1997.
2. Indeks Rekam Medis.Semarang.Instalasi Rekam Medis Rumah Sakit Umum Pusat Dr. Kariadi.2002-Juni 2009.
3. Rekap Visum et Repertum. Instalasi Forensik.Semarang. Rumah Sakit Umum Pusat Dr. Kariadi.2005-Juni 2009
4. Dzhokic G, Jovchevska J, Dika A. Electrical Injuries: etiology, pathophysiology and mechanism. Maced J Med Sci. 2008; 1(2):54-58
5. Connella A. How Salinity Affects the Electric Conductivity of Water,California,USA.
6. Casini V. Overview of electrical hazards. [serial on the internet]. 2006 [cited 2009 Nov 26]; Available from: <http://www.cdc.gov/niosh/elecovrv.html>
7. Pozdnyakov I, Pozdnyakova LA, Karpachevskii LO: Relationship Between Water Tension and Electrical Resistivity in Soils.[serial on the internet] 15 April 2006 [cited 2009 jan 14]. Available from: <http://www.springerlink.com/content/97q8vw3lm8260h22/>
8. Lenntech org. Water conductivity. [serial on the internet] 2008 [cited 2008 Dec 24]; Available from: <http://www.lenntech.com/water-conductivity.htm>
9. Gabriel JF. Fisika kedokteran.9th ed. Jakarta: EGC; 2002.
10. Cooper MA, Price TG. Electrical and lightning injuries. [homepage on the internet]. c2009 [cited 2009 October 18]; Available from: <http://www.uic.edu/labs/lightninginjury/Electr%26Ltn.pdf>
11. Light TS, Licht S, Bevilacqua AC, Morash KR. The fundamental conductivity and resistivity of water. [home page on the internet].c 2005 [cited 2009 Jan 3]; Available from: http://us.mt.com/mt_ext_files/Editorial/Generic/5/Paper-THOR-Fundamentals-Cond-Res-08-2004Editorial-Generic_1161370044608_files/ECS_04.pdf
12. Guyton AC, Hall JE. Buku ajar fisiologi kedokteran. Trans. Setiawan I (editor). 11th ed. Jakarta: EGC;2002.
13. Knight B. Forensic pathology. 2nd Ed. New York: Arnold; 1996.
14. Dahlan S, Ilmu Kedokteran forensik. Semarang: Balai Penerbit Universitas Diponegoro; 2000.
15. Malvino AV. Prinsip- prinsip elektronika.Diterjemahkan oleh Santoso AJ.Edisi 1. Jakarta : Salemba Tehnika; 2003.
16. Gordon I,Shapiro HA,Berson SD. Forensic Medicine: A Guide to Principles. 3rd ed. London: Churchil Livingstone; 1988, p. 145.
17. Bikson M. A review of hazards associated with exposure to low voltages. [homepage on the internet]. c2008 [cited 2009 Nov 6]. Available from: <http://bme.cuny.cuny.edu/faculty/mbikson/BiksonMSafeVoltageReview.pdf>
18. Gray Jr. LE, 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. [homepage on the internet]. 2004 [cited 2010 Jan 14]. Available from: http://dels.nas.edu/ilar_n/ilarjournal/45_4/pdfs/v4504gray.pdf
19. Daley BJ. Electrical injuries. [serial on the internet]. 2008 [cited 2009 Jan 16]; Available from : <http://www.emedicine.com/med/topic2810.htm>
20. Di Maio VJM, Dimaio D. Forensic pathology. 2nd ed. London: CRC Press; 2001.

21. 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.
22. Spies C, Trohman RG. Electrocution and life threatening electrical injuries. *Ann Inter Med* [serial on the internet] 2006 Oct 3 [cited 2008 Dec 1]; 145(7): 531-537. Available from: <http://www.annals.org/cgi/content/full/145/7/531?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=electrocution+life+threatening+electrical+injuries&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>
- Morse MS, Berg JS, TenWolde TL. Diffuse electrical injury-a study of a 136 subjects. [homepage on the internet].c 2003 [cited 2009 jan 14]. Available from: http://www.electricalinjury.com/publications/MORSE_EMBS_DEI_03.pdf
23. Robbins SL, Kumar V, Cotran RS. Robbins basic pathology. Philadelphia:Saunders Elsevier;2007
24. Fawcett DW. Buku ajar histology. Trans. Tambayong J (editor). 12th ed. Jakarta: EGC; 2002.
25. Eroschenko VP. Atlas histologi di Fiore: dengan korelasi fungsional. Trans. Tambayong J (editor). 11th ed. Jakarta:EGC; 2003.
26. Gunawan A MS. Mekanisme dan mekanika pergerakan otot.[homepage on internet]. [cited 2001 okt]; Available from: URL: http://home.unpar.ac.id/~integral/Volume%206/Integral%206%20no%202/Adi_Gunawan_M.pdf
27. Junqueira LC, Carneiro J. Basic histology: text & atlas. 11th ed. New York:McGraw-Hill Companies;2005.