



**HUBUNGAN ANTARA LAMA PAPANAN
ARUS LISTRIK BOLAK-BALIK (AC) DI AIR
TERHADAP KERUSAKAN
OTOT JANTUNG TIKUS *WISTAR***

ARTIKEL KARYA TULIS ILMIAH

Diajukan untuk memenuhi tugas dan
melengkapi syarat dalam menempuh
Program Pendidikan Sarjana
Fakultas Kedokteran

DISUSUN OLEH:

VINA YUNARVIKA

NIM: G2A004176

FAKULTAS KEDOKTERAN
**UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2008**

HALAMAN PENGESAHAN
ARTIKEL KARYA TULIS ILMIAH

HUBUNGAN ANTARA LAMA PAPANAN
ARUS LISTRIK BOLAK-BALIK (AC) DI AIR
TERHADAP KERUSAKAN OTOT JANTUNG TIKUS *WISTAR*

Telah diuji dan dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah
Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro pada tanggal 14 Agustus 2008 dan
telah diperbaiki sesuai saran-saran yang diberikan.

Semarang, 22 Agustus 2008

TIM PENGUJI

Ketua Penguji

Penguji

dr. Udadi Sadhana Sp.PA
NIP: 131 967 650

dr. Arif Rahman Sp.F. Msi.Med.S.H
NIP.140 370 013

Pembimbing

dr. Santosa Sp.F
NIP.130 701 410

The Relation of Various Alternating Current (AC) Electricity Exposure Duration in Water and Myocardial Impairment in Wistar Rats

Vina Yunarvika*, dr. Santosa**

ABSTRACT

Background : Electrical injuries are damages on human bodies that leave burnt marks and can even cause organs impairment when a person is directly exposed to an electrical current. The factors determining the severity of electrical injury are electrical intensity, type of circuit, duration, resistance, voltage, and current. Cellular damages due to electrical shock depends on several mechanisms such as direct injury of electroporation, muscle tetany, heat and mechanical injury. All these mechanisms will then lead to organ failure.

Objective : To determine the relation of various AC electricity exposure duration in water and the severity of myocardial impairment in *Wistar* rats

Method : This was an experimental study using The Post Test Only Control Group Design. 25 *Wistar* rats samples were divided into 5 groups, that was 5 rats for each group. The P1, P2, P3 and P4 groups were given 220V of voltage and 110mA of current. The K group was not given any procedures, as for control/standard; The P1 group was exposed to electricity for 5 seconds; The P2 group was exposed to electricity for 10 seconds; The P3 group was exposed to electricity for 15 seconds; The P4 group was exposed to electricity for 20 seconds. Statistical analysis was done using *Kruskal-Wallis* test for unpaired groups more than 2 and *Post Hoc (Mann-Whitney U)* test.

Result : Nonparametric *Kruskal-Wallis* test revealed significant differences for all five groups of hyperemia ($p = 0,000$). The mean value for control group was $5,60 \pm 0,548$ (means \pm SD). The largest mean value was from P3 group (means \pm SD $15,80 \pm 1,304$). *Mann-Whitney U* Test revealed significant differences between control group and P1 group ($p = 0,007$), control group and P2 group ($p = 0,007$), control group and P3 group ($p = 0,008$), control group and P4 group ($p = 0,008$), P1 group and P2 group ($p = 0,007$), P1 group and P3 group ($p = 0,008$), P1 group and P4 group ($p = 0,008$) and P3 group and P4 group ($p = 0,011$). While between P2 and P3 group revealed an insignificant value ($p = 0,142$).

Conclusions : There was a severity of *Wistar* rats myocardial impairment related between the control group and experimental groups, also between each experimental group with various exposure duration. The staging of histopathological changes in myocardial that shown as hyperemia.

Keywords : Electrical injuries, exposure duration, myocardial

* Medical student of Diponegoro University Semarang

** Forensic teacher of Medical Faculty of Diponegoro University

HUBUNGAN LAMA PAPAN ARUS LISTRIK BOLAK-BALIK DI AIR TERHADAP DERAJAT KERUSAKAN OTOT JANTUNG TIKUS *WISTAR*

Vina Yunarvika*, Santoso**

ABSTRAK

Latar Belakang: Trauma sengatan listrik adalah kerusakan yang disebabkan oleh adanya aliran arus listrik yang melewati tubuh manusia dan membakar jaringan ataupun menyebabkan terganggunya fungsi organ. Faktor – faktor yang berperan didalam luka akibat arus listrik yaitu: intensitas, tegangan, tahanan, arah aliran, dan waktu. Kerusakan sel akibat sengatan listrik dapat disebabkan oleh beberapa macam mekanisme yaitu trauma langsung, elektroporasi, tetani otot, panas dan trauma mekanik. Semua mekanisme ini dapat menyebabkan kerusakan organ.

Tujuan: Mengetahui hubungan antara lama paparan arus listrik bolak-balik di air terhadap derajat kerusakan otot jantung tikus *Wistar*.

Metode: Penelitian eksperimental dengan rancangan *The Post Test Only Control Group Design*. Sampel 25 tikus wistar dibagi dalam 5 kelompok. Tiap kelompok berisi 5 ekor tikus. Pada kelompok P1, P2, P3, P4 diberi tegangan listrik 220 volt dengan kuat arus 100mA. Kelompok K1: tidak diberi perlakuan dan berlaku sebagai kontrol; Kelompok P1: diberi lama paparan arus listrik selama 5 detik; Kelompok P2: diberi lama paparan arus selama 10 detik; Kelompok P3: diberi lama paparan arus selama 15 detik; Kelompok P4: diberi lama paparan arus selama 20 detik. Uji beda lebih dari 2 kelompok tidak berpasangan menggunakan *Kruskal Wallis* di lanjutkan dengan uji *Post Hoc (Mann Whitney)*.

Hasil: Dari hasil uji *Kruskal-Wallis* didapatkan hiperemia dari kelima kelompok terdapat perbedaan yang bermakna ($p=0,000$). Rerata hiperemia kelompok kontrol, yaitu $5,60 \pm 0,548$. Sedangkan rerata hiperemia yang paling besar adalah P3, yaitu $15,80 \pm 1,304$. Selanjutnya pada uji *Mann Whitney U*, didapatkan perbedaan rerata hiperemia yang bermakna antara kelompok kontrol dibanding perlakuan 1 ($p=0,007$), kontrol dengan perlakuan 2 ($p=0,007$), kontrol dengan perlakuan 3 ($p=0,008$), kontrol dengan perlakuan 4 ($p=0,008$), perlakuan 1 dengan perlakuan 2 ($p=0,007$), perlakuan 1 dengan perlakuan 3 ($p=0,008$), perlakuan 1 dengan perlakuan 4 ($p=0,008$), perlakuan 2 dibanding perlakuan 4 ($p=0,008$), dan perlakuan 3 dibanding perlakuan 4 ($p=0,011$). Sedangkan kelompok perlakuan 2 dan kelompok perlakuan 3 didapatkan hasil tidak bermakna ($p=0,142$).

Kesimpulan: Terdapat hubungan derajat kerusakan otot jantung Tikus Wistar antara kelompok kontrol dan perlakuan, dan antara setiap kelompok perlakuan dengan waktu yang bertingkat. Perubahan struktur histopatologis otot jantung yang terlihat berupa hiperemia.

Kata kunci: Trauma sengatan listrik, lama paparan, otot jantung

* *Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro*

***Staf Pengajar Bagian Ilmu Kedokteran Forensik Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro*

PENDAHULUAN

Trauma akibat sengatan listrik adalah kerusakan yang disebabkan oleh adanya aliran arus listrik yang melewati tubuh manusia dan membakar jaringan ataupun menyebabkan terganggunya fungsi organ dalam. Arus listrik yang mengalir ke dalam tubuh manusia akan menghasilkan panas yang dapat membakar dan menghancurkan jaringan tubuh. Tanda dan gejalanya meliputi luka bakar pada kulit, kerusakan organ dalam dan jaringan lainnya, aritmia, serta gagal nafas.

Kejadian kecelakaan karena tersengat arus listrik pada manusia lebih sering dikarenakan arus bolak-balik (AC) dibandingkan arus searah (DC). Manusia lebih sensitif terhadap arus AC dibandingkan arus DC (sekitar 4-6 kali). Arus DC menyebabkan satu kontraksi otot. Sedangkan arus AC menyebabkan kontraksi otot yang kontinyu (tetani) dapat mencapai 40-110 kali /detik, sehingga menyebabkan luka yang lebih parah.¹

Dalam terjadinya luka akibat arus listrik ada beberapa faktor yang mempengaruhi antara lain: intensitas, voltase, tahanan, arah arus, waktu, jenis kelamin, berat badan, kondisi sekitar.^{2,3}

Di Amerika 1200 orang meninggal dunia karena tersengat arus listrik tiap tahunnya.⁴ sengatan listrik pada anak biasanya terjadi di rumah, sedangkan pada orang dewasa lebih sering dikarenakan kecelakaan kerja.⁵

Angka kejadian sengatan listrik sebagian besar terjadi pada anak-anak kurang dari 6 tahun dan sisanya pada dewasa. Sengatan listrik yang terjadi pada anak-anak biasanya terjadi saat berada di rumah. Anak-anak mempunyai predisposisi untuk terjadinya luka akibat sengatan listrik yang bersumber dari tegangan rendah, seperti kabel listrik karena keterbatasan mobilitas anak. Sedangkan pada dewasa luka sengatan listrik biasanya bersumber dari tegangan tinggi yang dapat menyebabkan kematian. Pasien yang dapat bertahan setelah mengalami syok elektrik sekitar 3 % dari 100.000 pasien.⁵

Kejadian akibat sengatan listrik di kamar mandi banyak ditemukan baik berupa kecelakaan, pembunuhan, ataupun bunuh diri. Besarnya tahanan pada manusia tergantung dari banyak sedikitnya air yang terdapat pada bagian tubuh. Tahanan yang paling rendah adalah cairan tubuh. Hal ini yang menyebabkan mengapa sering terjadi sengatan listrik di kamar mandi karena kondisi kamar mandi yang basah dan lembab.³

Di Eropa, angka kejadian kematian akibat listrik di kamar mandi pada tahun 90an lebih tinggi bila dibandingkan pada tahun 70 dan 80an. "Electrical mark" pada kejadian sengatan listrik dikamar mandi terkadang tidak dijumpai dari beberapa publikasi yang ada disebutkan bahwa frekuensi terjadinya trauma akibat sengatan listrik adalah sebanyak 60% (Schneider), 45% (Schel et al.), 17% (Bonte et al), atau 55% (Gilg). Pada kejadian kematian akibat sengatan listrik di kamar mandi juga tidak ditemukan adanya luka bakar. ⁶

Pada keadaan basah tidak terjadi luka bakar karena resistensi yang besar. Hal ini juga merupakan suatu kendala dalam mendiagnosa korban akibat sengatan

arus listrik. Pada kematian di bathtub tidak ditemukan adanya luka bakar tapi ditemukan adanya garis merah yang terbentuk pada batas tubuh yang terendam air dan yang tidak terendam air.

Kematian oleh sengatan arus listrik disebabkan karena aritmia cordis terutama fibrilasi ventrikel. Ini dikarenakan arus yang melewati miokardium terutama pada lapisan epicardial dan melewati endocardium. Arus listrik mempunyai efek terhadap sinusotium otot jantung dan sebabkan gangguan pacemaker dan konduksi jantung. Selain itu, kematian akibat sengatan listrik juga disebabkan oleh berhentinya fungsi sistem pernapasan. Hal ini disebabkan oleh aliran listrik yang melewati rongga dada menyebabkan spasme atau paralisa otot-otot intercostalis dan otot diafragma.^{1,3,4,5,7}

Fineschi V et al melakukan penelitian dengan melihat perubahan morfologi jantung dari 21 korban sengatan listrik, dari penelitian tersebut ditemukan adanya kerusakan otot jantung (MFB) pada 90% korban sengatan listrik. Kerusakan otot jantung ini merupakan perubahan yang terjadinya ante-mortem.⁸

Pada kejadian sengatan akibat arus listrik yang menyebabkan terjadinya gagal jantung, tubuh akan menjadi pucat dan mengalami kongesti. Pada autopsi tanda tersebut tidak membantu terlebih lagi jika tidak ditemukan adanya luka masuk dan luka keluar. Luka akibat sengatan listrik terkadang tidak jelas apabila aliran arus listrik terjadi pada genital, anus, atau abdomen serta jika arus melalui mulut terutama pada anak-anak. Bayi yang menderita luka bakar pada lidah dan mukosa buccal pada pemeriksaan autopsi external terkadang tidak jelas.

Perubahan permeabilitas sel membran menyebabkan kerusakan sel membran dan mengakibatkan kematian sel tanpa tanda klinik yang spesifik.

James, T.N, Riddick, et al meneliti tentang ada tidaknya kerusakan jantung akibat sengatan listrik. Penelitian ini dengan menggunakan empat korban meninggal karena kecelakaan sengatan listrik. Dari penelitian tersebut didapatkan adanya penyebaran bagian nekrosis pada otot jantung dan juga pada jaringan dari sinus dan AV node. Nekrosis juga ditemukan pada tunika media a. coronaria. Selain itu juga didapatkan peningkatan massa otot jantung. Bagian yang memperoleh dampak lebih kecil adalah pada struktur saraf dan bundle his.⁹

Qin ZQ et al meneliti perubahan struktur pada sengatan listrik. Penelitian dilakukan pada tikus, dan didapatkan perubahan pada otot jantung berupa nekrosis dan hiperkontraksi.¹⁰

Waktu lamanya seseorang kontak dengan benda yang beraliran listrik menentukan kecepatan datangnya kematian.¹¹ Nilai ambang fibrilasi semakin menurun jika waktu semakin lama.² Kerusakan jaringan akan semakin luas. Berangkat dari fakta-fakta tersebut diatas, maka penulis akan mengadakan penelitian eksperimental untuk membuktikan bahwa lamanya paparan arus listrik ini akan memberikan dampak terhadap kerusakan besarnya yang terjadi pada otot jantung utamanya ditinjau dari besar kerusakannya. Oleh karena secara etik tidak mungkin melakukan percobaan eksperimental pada manusia maka akan digunakan tikus wistar sebagai hewan percobaan

METODE PENELITIAN

Penelitian ini meliputi bidang Forensik, Patologi Anatomi, Fisika. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Konversi Energi Listrik dan Sistem Tenaga Teknik Elektro UNDIP, laboratorium Patologi Anatomi FK UNDIP, laboratorium Biologi UNNES.

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan rancangan *the post test only control group design* yang menggunakan tikus Wistar sebagai obyek percobaan. Keluaran (*outcome*) yang dinilai adalah derajat kerusakan otot jantung.

Besar sampel penelitian sesuai dengan kriteria WHO (1993) yaitu minimal menggunakan 5 ekor tikus tiap 1 kelompok perlakuan. Oleh karena terdapat 1 kelompok kontrol dan 4 kelompok perlakuan, maka dibutuhkan 25 ekor tikus *Wistar*.

Kriteria inklusi sampel dalam penelitian adalah tikus Wistar jantan, sehat dan tidak ada cacat secara anatomi, berusia 6-8 minggu, dengan berat 160-200 gram. Kriteria eksklusinya apabila mati saat adaptasi.

Hewan percobaan tikus *Wistar* sebanyak 25 ekor dibagi menjadi 5 kelompok, yang masing-masing kelompok terdiri atas 5 tikus. Masing-masing kelompok tikus dikandangkan secara individual dan mendapatkan pakan standar yang sama dan minum *ad libitum*.

Lima kelompok perlakuan tersebut adalah:

Kontrol (K1) : tidak diberi perlakuan.

Perlakuan 1 (P1) : diberi lama paparan arus listrik selama 5 detik

Perlakuan 2 (P2) : diberi lama paparan arus selama 10 detik

Perlakuan 3 (P3) : diberi lama paparan arus selama 15 detik

Perlakuan 4 (P4) : diberi lama paparan arus selama 20 detik

Tikus diperlakukan seperti di atas, Tegangan yang digunakan adalah 220 volt, dengan kuat arus 100 mA. Pengamatan dilakukan setelah tikus mati atau dilakukan terminasi segera. Kemudian tikus dibaringkan terlentang dan seluruh permukaan disiram alkohol 70% untuk mengurangi kemungkinan pencemaran ke ruangan atau kontaminasi selama pembedahan. Dibuat irisan kecil pada kulit menggunakan gunting pada medial thorax. Lalu jantung diambil, dan dibersihkan dari jaringan ikat maupun pembuluh darah yang tersisa, lalu diletakkan di cawan petri berisi cairan pengawet formalin 10% buffer dengan perbandingan jaringan dan formalin 1:9.

Data yang diperoleh diolah dengan program komputer SPSS 15.0 dan dilihat distribusi datanya normal atau tidak dengan uji *Kolmogorov Smirnov*. Bila distribusi datanya normal, diuji beda dengan menggunakan statistik parametrik *One Way Anova*, jika $P \leq 0,05$ dilanjutkan dengan uji *Post Hoc*. Bila diidistribusi datanya tidak normal, ditransformasi. Jika setelah ditransformasi tetap didapatkan distribusi data yang tidak normal maka dilakukan uji beda menggunakan statistik non parametrik *Kruskal-Wallis*, jika didapat $P \leq 0,05$ dilanjutkan dengan uji *Post Hoc* (uji *Mann Whitney*).

a. Jika $P \leq 0,05$; maka ada perbedaan yang bermakna

b. Jika $P \geq 0,05$; maka tidak ada perbedaan yang bermakna

Jika didapatkan hasil yang berbeda bermakna maka ada hubungan antara lama paparan arus listrik dengan gambaran histopatologi jantung tikus *Wistar*.¹²

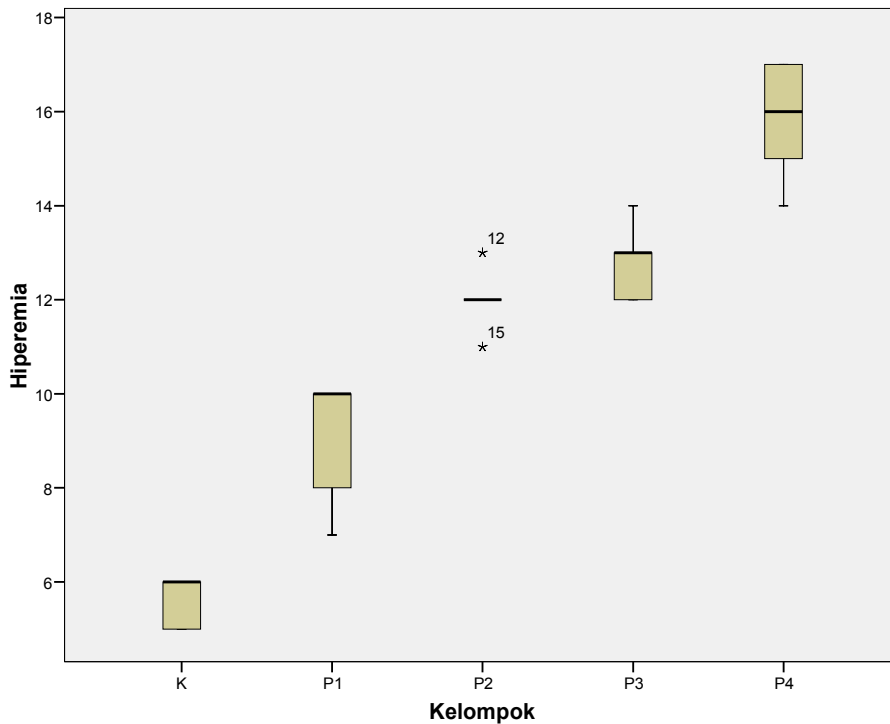
HASIL PENELITIAN

Dari pemeriksaan preparat, setelah data diolah dengan menggunakan uji normalitas uji *Kolmogorov Smirnov* didapatkan hasil yang sebaran datanya tidak normal (kelompok kontrol ($p=0,026$) dan kelompok perlakuan 1 ($p=0,33$)), sehingga uji beda menggunakan statistik non parametrik *Kruskal-Wallis* yang ditampilkan pada Tabel 1 dan Gambar 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Rerata hiperemia pada kelompok kontrol dan perlakuan

Kelompok	Mean	Median	SD	Kruskal-Wallis
Kontrol	5,60	6,00	0,548	0,000*
Perlakuan 1 (5 s)	9,00	10,00	1,414	
Perlakuan 2 (10 s)	12,00	12,00	0,707	
Perlakuan 3 (15 s)	12,80	13,00	0,837	
Perlakuan 4 (20 s)	15,80	16,00	1,304	

* Hasil uji *Kruskal Wallis* bermakna (ada beda) jika $p < 0,05$



Gambar 1. Grafik box-plot hiperemiakelompok kontrol dan perlakuan

Dari hasil uji *Kruskal-Wallis* didapatkan hiperemia dari kelima kelompok terdapat perbedaan yang bermakna ($p=0,000$). Rerata hiperemia kelompok kontrol, yaitu $5,60 \pm 0,548$. Sedangkan rerata hiperemia yang paling besar adalah P3, yaitu $15,80 \pm 1,304$.

Tabel 2. Hasil uji statistik perbandingan antar kelompok (*Mann-Whitney U*)

	KONTROL	P1 (5 s)	P2 (10 s)	P3 (15 s)	P4 (20 s)
KONTROL		0.007*	0.007*	0.008*	0.008*
P1 (5 s)	0.007*		0.007*	0.008*	0.008*
P2 (10 s)	0.007*	0.007*		0,142	0.008*
P3 (15 s)	0.008*	0.008*	0.142		0.011*
P4 (20 s)	0.008*	0.008*	0.008*	0.011*	

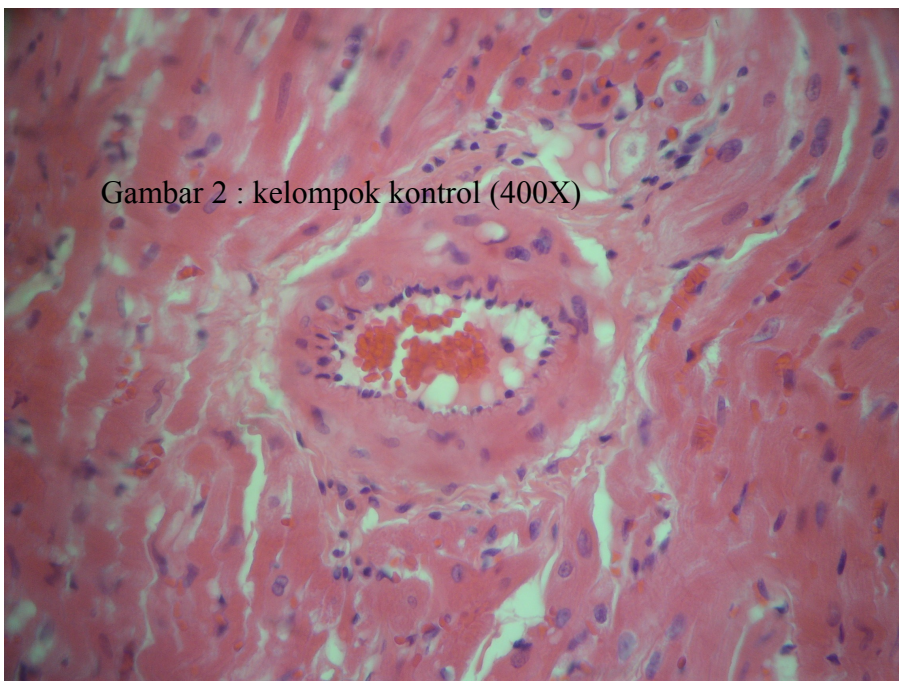
* Hasil uji *Mann-Whitney U* bermakna (ada beda) jika $p < 0,05$

Selanjutnya pada uji *Mann Whitney U*, didapatkan perbedaan rerata hiperemia yang bermakna antara kelompok kontrol dibanding perlakuan 1

($p=0,007$), kontrol dengan perlakuan 2 ($p=0,007$), kontrol dengan perlakuan 3 ($p=0,008$), kontrol dengan perlakuan 4 ($p=0,008$), perlakuan 1 dengan perlakuan 2 ($p=0,007$), perlakuan 1 dengan perlakuan 3 ($p=0,008$), perlakuan 1 dengan perlakuan 4 ($p=0,008$), perlakuan 2 dibanding perlakuan 4 ($p=0,008$), dan perlakuan 3 dibanding perlakuan 4 ($p=0,011$). Sedangkan kelompok perlakuan 2 dan kelompok perlakuan 3 didapatkan hasil tidak bermakna ($p=0,142$)

PEMBAHASAN

Pada tabel 2 menunjukkan adanya perbedaan rerata hiperemia yang bermakna antara kelompok kontrol dengan perlakuan 1, 2, 3 dan 4. antara kelompok perlakuan 1 dengan perlakuan 2, 3, dan 4. antara perlakuan 4 dengan perlakuan 2 dan 3. Hal ini membuktikan bahwa lama paparan arus listrik bolak-balik membengaruhi besarnya kerusakan organ, dimana semakin lama paparan maka akan menimbulkan kerusakan yang semakin berat. Perubahan tersebut dapat dilihat pada gambar 2,3,4,5,6. Efek sengatan listrik yang terjadi pada setiap individu berbeda, hal ini disebabkan oleh jenis kelamin, berat badan dan adanya tahanan pada tubuh.^{2,3}



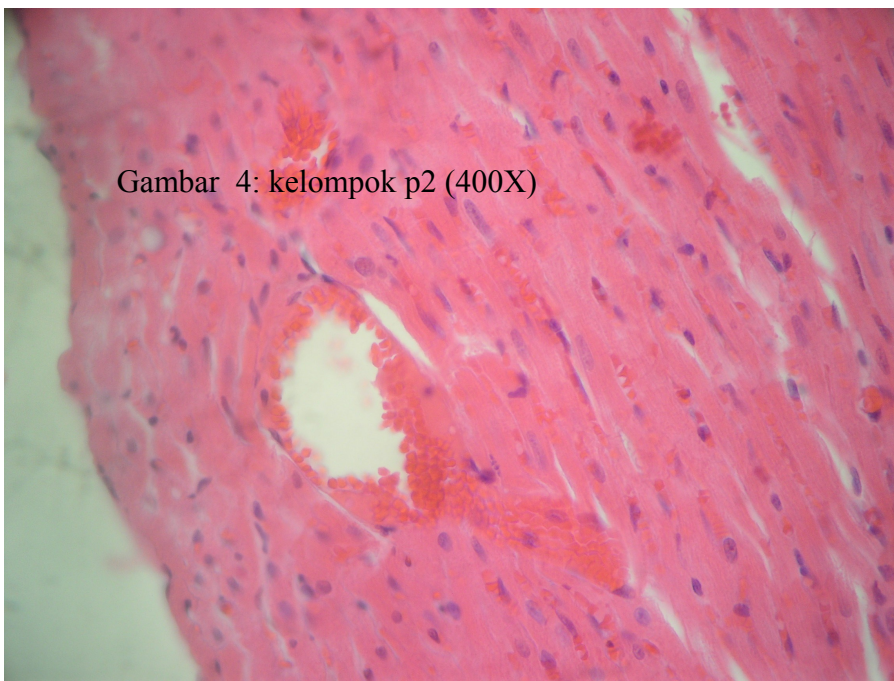
Gambar 2 : kelompok kontrol (400X)



Gambar 3: kelompok p1 (400X)

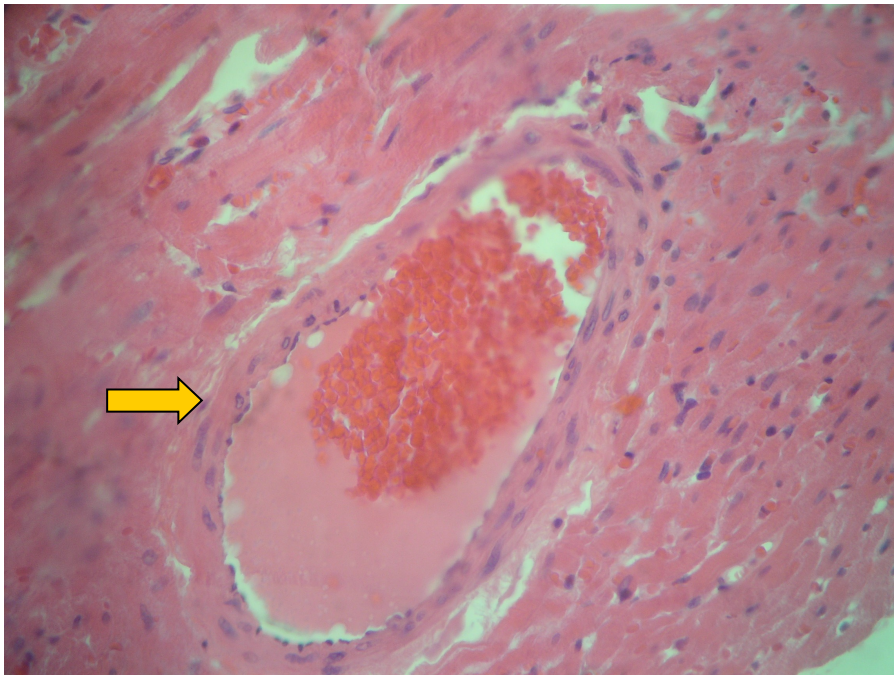


Gambar 4: kelompok p2 (400X)

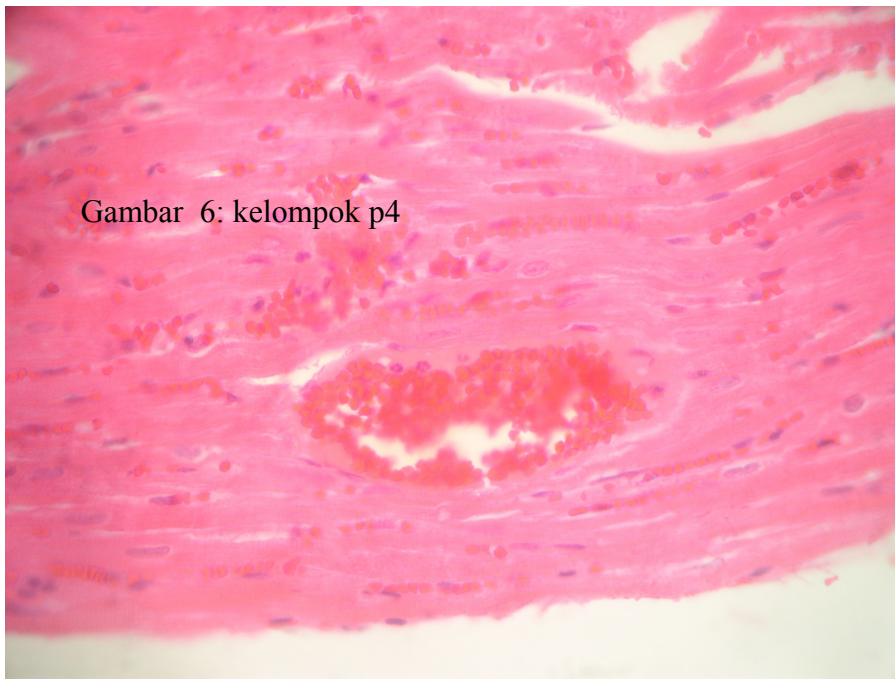




Gambar 5: kelompok p3 (400X)



Gambar 6: kelompok p4





Pembuluh darah yang dindingnya masih norma



Hiperemia dimana adanya pelebaran pembuluh darah dan banyak sel darah.

Dari penelitian sebelumnya didapatkan perubahan yang berupa hiperemia, nekrosis dan ruptur. Pada penelitian ini hanya didapatkan hiperemia hal ini dikarenakan pada penelitian sebelumnya arus listrik langsung dikenakan pada tubuh sedangkan pada penelitian ini listrik dialirkan dengan perantara air dan air sendiri memiliki tahanan. Tahanan ini tergantung dari kemurnian air, kelarutan ion yang terkandung dalam air dan suhu air. Selain itu juga dikarenakan waktu paparan yang kurang lama sehingga efek yang terjadi tidak seperti pada penelitian sebelumnya.

Hiperemia adalah statu tanda awal terjadinya reaksi radang pada daerah yang mengalami peradangan. Pada reaksi radang terjadi pelepasan mediatorperadangan dari sel mast yang juga aktifkan jalar komplrmn dan

bekerjasama dengan mediator peradangan untuk melemaskan otot jantung, meningkatkan permeabilisasi sehingga sebabkan kerusakan endotel pembuluh darah. Waktu reaksi radang timbul, arteriole yang mensuplai darah melebar sehingga darah yang mengalir pada mikrosirkulasi meningkat. Kapiler yang sebelumnya kosong atau merenggang cepat terisi darah.^{13,14}

KESIMPULAN

Terdapat hubungan derajat kerusakan otot jantung Tikus Wistar antara kelompok kontrol dan perlakuan, dan antara setiap kelompok perlakuan dengan waktu yang bertingkat. Perubahan struktur histopatologis otot jantung yang terlihat berupa hiperemia.

SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh arus listrik bolak-balik di air terhadap perubahan derajat kerusakan otot jantung tikus *Wistar* dengan rentang waktu yang lebih lama.
2. Perlu dilakukan penelitian pembandingan mengenai pengaruh arus listrik bolak-balik di air dengan arus listrik dan waktu yang sama pada penelitian ini terhadap enzim.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT, atas rahmat dan kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan artikel ini.

2. Papa dan mama tercinta serta seluruh keluarga atas semangat dan dukungannya selama ini.
3. Dr. Santoso, Sp.F selaku dosen pembimbing atas waktu, bimbingan dan bantuannya dalam keseluruhan penyusunan dan pelaksanaan KTI ini.
4. Kepala Bagian dan seluruh staf Bagian Ilmu Kedokteran Forensik FK UNDIP.
5. Dr. Arif Rahman Sp.F(K), selaku reviewer proposal penelitian.
6. Dr. Udadi Sp.PA, selaku konsultan dalam pembacaan preparat.
7. Dr.Arfi, Dr.Vega dan Dr. Hidayat atas bantuannya
8. Asisten laboratorium Konversi Energi Listrik dan Sistem Tenaga Elektro UNDIP yang telah sangat membantu pelaksanaan penelitian
9. Staf Laboratorium Patologi Anatomi Rumah Sakit Dr. Kariadi.
10. Teman-teman 1 kelompok penelitian atas kerjasama dan bantuannya, beserta teman-teman yang lain yang tak dapat disebutkan satu persatu atas segenap bantuannya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Maertinez, J.A. and T. Nguyen. Electrical Injuries. *Southern Medical Journal* 2000; 93:1165 Available from: URL: http://www.medscape.com/viewarticle/410681_1
2. dr. J.F. Gabriel. Fisika Kedokteran. EGC. Jakarta:1996
3. Simpson, Keith, CBE. Forensic Medicine. Page 143-147
4. Romeo, B.,J. Candell-Riera, et al. Myocardial Necrosis by Electrocution: Evaluation of Noninvasibe Methods. *J Nucl Med* 1997; 38:250-251 Available from: URL: <http://jnm.snmjournals.org/cgi/reprint/38/2/250>

5. Christian Spies, MD, and Richard G Trohman, MD. Electrocution and Life-Threatening Electrical Injuries. *Ann Intern Med.* 2006;145:531-537 Available from: URL: <http://www.annals.org/cgi/reprint/145/7/531.pdf>
6. B. Bockholdt, V. Schneider . Death by Electrocution in the Bathtub. Available from: URL: <http://www.medline.ru/public/sudm/a2/art3-2-2.phtml>
7. Peter Jorn Jensen, et al. Electrical Injury Causing Ventricular Arrhythmias. *Br Heart J* 1987;57:279-83 Available from: URL: <http://heart.bmj.com/cgi/reprint/57/3/279>
8. Fineschi V et al. Cardiac Pathology in Death from Electrocution. *Int J Legal Med* 2006;120:79-82. Available from: URL: <http://www.springerlink.com/content/g0j478m710468r27>
9. James TN, Riddick LR, Embry JH. Cardiac Abnormalities Demonstrated Postmortem in Four Cases of Accidental Electrocution and Their Potential Significance Relatif to Nonfatal Electrical Injury of The Heart. *Am Heart J* 1990;120:143-157. Available from: URL: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2360499?ordinalpos=8&itool=EntrezSystem2.PEntrez.Pubmed.Pubmed_ResultsPanel.Pubmed_RVDocSum
10. Qing ZQ, Gong YC, Huang XH. Ultrastructure Changes of Electrical Injury in Rats. Institute of Forensic Sciences. China:2000. Available from: URL: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12533894?ordinalpos=1&itool=EntrezSystem2.PEntrez.Pubmed.Pubmed_ResultsPanel.Pubmed_RVDocSum
11. Mun'in Idris, Abdul dr. Pedoman Ilmu Kedokteran Forensik edisi I. Binapura Pusaka. Jakarta:1997.
12. Dahlan, M Sopiudin dr. Statistika untuk Kedokteran dan Kesehatan. PT. Arkans. Jakarta:2004
13. Corwin EJ. Handbook of patofisiologis. EGC. Jakarta:1997. hal.412

14. Hettiaratchy S, Dziwulski P. Patofisiology and Type of Burn. Pubmed Central Jurnal [serial online] 2004 jun [cited 2008 jun 25];328:1427-1429