



**EFEK PAPARAN ARUS LISTRIK SECARA LANGSUNG  
TERHADAP KERUSAKAN HISTOPATOLOGI  
OTOT JANTUNG TIKUS *WISTAR***

*THE EFFECT OF DIRECT ELECTRICAL EXPOSURE TO THE  
HISTOPATHOLOGIC DAMAGE OF WISTAR RAT'S HEART MUSCLE*

**ARTIKEL KARYA TULIS ILMIAH**

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

**SELVI MELLA MAHARANI  
NIM.G2A006173**

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

## **EFEK PAPAN ARUS LISTRIK SECARA LANGSUNG TERHADAP KERUSAKAN HISTOPATOLOGIK OTOT JANTUNG TIKUS *WISTAR***

Selvi Mella Maharani<sup>1</sup>, Gatot Suharto<sup>2</sup>, Ratna Relawati<sup>3</sup>

### **ABSTRAK**

**Latar belakang:** Penyebab kematian terbesar akibat sengatan listrik adalah karena terjadinya henti jantung, sehingga hal ini akan memberikan gambaran mikroskopis pada otot jantung. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuktikan efek paparan arus listrik secara langsung terhadap jumlah kerusakan histopatologik otot jantung tikus wistar.

**Metode:** Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan rancangan post test only control group design. 30 ekor tikus wistar diambil secara *simple random sampling*. Sampel dibagi menjadi 5 kelompok, yaitu: kelompok kontrol yang tidak terpapar arus listrik, dan kelompok P1-P4 yang terpapar arus listrik secara langsung, yaitu berturut-turut 1-30 mA, 31-60 mA, 61-90 mA, 91-120 mA. Setelah diadaptasi selama 7 hari, dilakukan paparan arus listrik kemudian dilakukan pemeriksaan jumlah kerusakan histopatologid otot jantung. Data dideskripsikan dalam bentuk tabel dan gambar. Analisis statistik dilakukan dengan uji Saphiro – Wilk, homogenitas, One – way anova dan uji LSD dengan SPSS 12,0 for windows.

**Hasil:** Rerata jumlah kerusakan otot jantung dari kelompok kontrol, P1, P2, P3, P4 adalah masing, 1 ; 2,87 ; 4,83 ; 7,83 dan 13,9. Uji Saphiro – Wilk didapatkan  $p = 0,090$  ( data berdistribusi normal ). Uji homogenitas  $p = 0,699$  ( data homogen ). Uji one way - anova didapatkan  $p < 0,05$  yaitu  $p = 0,000$  , berarti terdapat perbedaan signifikan pada seluruh perlakuan. Uji LSD didapatkan  $p < 0,05$  yaitu  $p = 0,000 - 0,008$  berarti terdapat perbedaan signifikan antar kelompok perlakuan.

**Simpulan:** Paparan arus listrik secara langsung dapat menimbulkan kerusakan otot jantung tikus wistar. Semakin besar paparan arus listrik, semakin besar kerusakan yang ditimbulkan.

**Kata kunci :** arus listrik, kontak langsung, otot jantung, kerusakan histopatologis.

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

<sup>2</sup> Staf pengajar bagian forensik FK Undip, Jl. Dr. Sutomo No. 18 Semarang

<sup>3</sup> Staf pengajar bagian forensik FK Undip, Jl. Dr. Sutomo No. 18 Semarang

***THE EFFECT OF DIRECT ELECTRICAL EXPOSURE TO THE HISTOPATHOLOGIC DAMAGE OF WISTAR RAT'S HEART'S MUSCLE***

Selvi Mella Maharani<sup>1</sup>, Gatot Suharto<sup>2</sup>, Ratna Relawati<sup>3</sup>

## **ABSTRACT**

**Background :** *The biggest cause of death due to electric shock is the occurrence of cardiac arrest, so this will give a microscopic picture of the heart muscle. The purpose of this study is to prove the effects of exposure to direct electrical exposure to the amount of histopathological damage of wistar rat's heart's muscle.*

**Methods:** *This is an experimental study with post test only control group design. 30 rats were divide into 5 group through simple random sampling. There were control group which received no treatment, and group P1-P4 which received direct electrical current exposure in 1-30 mA, 31 – 60 mA, 61 – 90 mA and 91 – 120 mA. After adaption period for 7 days, electrocution was performed, then assed the amount of hypercontraction of heart's muscle. After that described the data in table and picture. Statistic analyse was conducted by Saphiro – Wilk test, Homogeneity tes, One – way Anova and LSD test.*

**Result :** *Mean of heart's muscle damage in control, group P1, P2, P3, P4 were 1; 2,87 ; 4, 83 ; 7, 83 and 13,9. Saphiro – Wilk test  $p = 0,090$  (data was normally distributed). Homogeneity test  $p = 0,699$  ( homogen ). One – way anova test was  $p < 0, 05$  ( $p=0,000$ ), mean that there was a significant differented of all groups. LSD test was  $p < 0,05$  ( $p=0,000 – 0,008$ ), mean that there was significant differented between each group.*

**Conclusion:** *Direct electrical current exposure cause histopathological damage of Wistar rat's heart's muscle. Higher doses of electrical current correlated more numbers of the damage of heart muscle.*

**Keywords:** *electrical current, direct contact, heart's muscle, histopathological damage.*

<sup>1</sup>. *Student of Medical Faculty Diponegoro University*

<sup>2</sup>. *Staff of Forensic Departement of Medical Faculty Diponegoro University Jl. Dr. Sutomo 18 Semarang.*

<sup>3</sup>. *Staff of Forensic Departement of Medical Faculty Diponegoro University Jl. Dr. Sutomo 18 Semarang*

## **PENDAHULUAN**

Penyebab kematian utama akibat sengatan listrik adalah karena terjadi henti jantung. Setelah memasuki tubuh listrik akan keluar tubuh melalui sisi kontralateral sehingga listrik akan melewati jantung. Sengatan listrik yang

melewati jantung tersebut akan mengganggu sistem kelistrikan jantung dan energi panas yang ditimbulkannya akan merusak miokardium, hal ini ditandai dengan adanya fibrilasi ventrikel dan ventrikel asistol yang akhirnya menyebabkan aliran darah ke seluruh tubuh terganggu. <sup>1,2</sup>

Kematian akibat sengatan listrik sulit untuk dibuktikan. Menemukan jejak arus listrik dan konduktor di tubuh korban telah menjadi objek penelitian sejak tahun 1920, ketika Schrader membuktikan adanya deposit metalik di sekitar luka listrik. <sup>3</sup>

Pada korban sengatan listrik terdapat tanda makroskopis berupa luka bakar pada titik masuk arus listrik yang disebut *cutaneous electrical mark* atau *joule burn*. Namun tanda ini juga dapat ditemukan pada korban karena panas yang bukan berasal dari listrik. <sup>4,5</sup> Diagnosis sengatan listrik terus berkembang bukan hanya melalui pemeriksaan makroskopis luka melainkan juga dengan pemeriksaan mikroskopis terhadap luka dan organ dalam serta pemakaian teknik histokimia untuk mencari deposit metalik di sekitar luka. <sup>3</sup> Gambaran mikroskopis otot jantung korban sengatan arus listrik dapat ditemukan tidak adanya perubahan patologi sama sekali sampai dengan terjadi kerusakan yang sangat berat pada serat otot berupa plak infark, perdarahan, infiltrasi lemak dan edema. Tahun 2006 Fineschi melaporkan bahwa terjadi perubahan serat otot jantung berupa teregang dan terputusnya diskus interkalatus dan terputusnya myofibril (*myofiber break up*) sebanyak 90 % pada korban akibat sengatan listrik. <sup>6</sup> Penyelidikan adanya sengatan listrik akan diperkuat dengan investigasi adanya gangguan listrik di tempat kejadian perkara. <sup>3</sup>

Cedera yang disebabkan sengatan arus listrik pada umumnya bersifat kecelakaan, dimana arus listrik bolak – balik ( AC ) lebih sering sebagai penyebab daripada arus listrik searah ( DC ). Manusia lebih sensitif, yaitu sekitar 4 – 6 kali terhadap arus AC daripada DC. Hal ini disebabkan karena setiap setengah kali putaran, arus AC berbalik sehingga menimbulkan kontraksi tetani. Terdapat beberapa faktor yang berpengaruh terhadap timbulnya cedera sengatan listrik yaitu ; Intensitas (I) atau kuat arus listrik, tegangan atau voltase (V),

tahanan atau resistensi tubuh (R), jalannya aliran listrik, lama waktu kontak, tipe lintasan arus listrik, serta luas daerah yang terpapar dengan listrik.<sup>7-9</sup>

Pada penelitian ini akan digunakan hewan coba berupa tikus *Wistar*. Hal ini dikarenakan tidak etis melakukan penelitian sejenis pada manusia. Selain itu secara biokimia, tikus memiliki kesamaan dengan manusia, sehingga hasil penelitian pada tikus diharapkan dapat di terapkan pada manusia

Berdasarkan hal-hal di atas, dapat dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut: Bagaimanakah efek paparan arus listrik secara langsung terhadap kerusakan histopatologi otot jantung tikus wistar ? Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek paparan arus listrik secara langsung terhadap kerusakan histopatologi otot jantung tikus wistar. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dalam mengidentifikasi korban trauma sengatan listrik.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental murni dengan rancangan *the post test only group design* yang menggunakan tikus Wistar sebagai obyek penelitian. Keluaran (*outcome*) yang dinilai adalah jumlah titik hiperkontraksi otot jantung bagian ventrikel. Penelitian ini dilakukan selama 2 bulan Maret – April 2010 meliputi bidang Forensik, Patologi Anatomi, Histologi, dan Fisika.

Besar sampel penelitian sesuai dengan kriteria WHO (1993) yaitu minimal menggunakan 5 ekor tikus tiap 1 kelompok perlakuan. Agar menambah validitas digunakan 6 ekor tikus setiap kelompok perlakuan. Sehingga membutuhkan 30 ekor tikus pada penelitian ini.

Kriteria inklusi sampel dalam penelitian adalah tikus Wistar jantan, sehat dan tidak ada cacat secara anatomi, berusia 3 – 4 bulan dengan berat 150-200 gram.

Hewan coba tikus *Wistar* sebanyak 30 ekor diadaptasikan selama 1 minggu di Laboratorium Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam ( F-MIPA) Universitas Semarang. Tikus diberi makan dan minum secara

*ad libitum* selama dalam pemeliharaan. Pada hari kedelapan, berat badan masing – masing tikus ditimbang, kemudian dibagi menjadi 5 kelompok yang masing – masing terdiri dari 6 ekor tikus yang dipilih secara *simple random sampling*. Dua kelompok perlakuan tersebut adalah:

Kontrol (K) : tidak diberi perlakuan.

Perlakuan 1 (P1): diberi lama paparan kuat arus listrik 1 – 30 mA

Perlakuan 2 (P2): diberi lama paparan kuat arus listrik 31 – 60 mA

Perlakuan 3 (P3): diberi lama paparan kuat arus listrik 61 – 90 mA

Perlakuan 4 (P4): diberi lama paparan kuat arus listrik 91 – 120 mA

Tikus diberi paparan kuat arus listrik secara langsung sesuai dengan kriteria seperti di atas dengan cara menjepitkan ujung konduktor (listrik masuk) pada kaki kanan depan tikus wistar dan ujung konduktor lainnya ( listrik keluar ) pada telapak kaki belakang kanan., arus listrik yang digunakan adalah arus bolak balik dengan tegangan 220 volt selama 60 detik.

Hewan coba segera dimatikan setelah perlakuan dengan cara dekapitasi leher. Kemudian membuat irisan pada kulit di medial thorax menggunakan gunting dan mengambil organ jantung, membersihkannya dari pembuluh darah dan jaringan ikat yang tersisa. Sampel tersebut diletakkan pada tabung kaca berisi cairan pengawet formalin 10% bufer sampai terendam. Tabung tempat sampel diberi penomoran. kemudian dilakukan pembuatan preparat dengan pengecatan *Hematoksilin Eosin* ( HE ).

Pembacaan preparat dilakukan dengan menggunakan mikroskop cahaya Olympus BX 41 perbesaran 400 kali. Dalam satu preparat dibaca 5 lapangan pandang.

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data primer yang didapatkan dari gambaran histopatologi tikus wistar yang telah diberi paparan arus listrik secara langsung. Variabel bebas berskala interval berupa arus listrik yang dikelompokkan secara bertingkat dengan satuan miliampere. Variabel

tergantung berskala rasio berupa jumlah kerusakan otot jantung berupa titik hiperkontraksi pada bagian ventrikel.

Data yang diperoleh diolah dengan program SPSS 12.0 *for Windows* kemudian dilakukan analisis deskriptif berupa tabel. Analisis inferensial didahului dengan uji normalitas Saphiro – Wilk, dan uji normalitas Levene. Apabila data berdistribusi normal digunakan analisis parametrik dengan One – way Anova dan dilanjutkan dengan Post – Hoc test. Namun apabila distribusi tidak normal dilakukan analisis non – parametrik dengan uji Kruskal – Wallis.

## HASIL

Dari hasil penelitian didapatkan hasil yang dideskripsikan dalam tabel berikut :

**Tabel 5.2.1 Data jenis perlakuan terhadap jumlah kerusakan otot jantung tikus Wistar**

Besar dosis arus listrik	Kerusakan otot jantung pada tiap sampel (jumlah titik hiperkontraksi)					
	1	2	3	4	5	6
Kontrol	4	5	3	7	6	5
P 1	15	13	13	16	14	15
P 2	22	22	25	25	24	27
P 3	40	41	38	39	40	37
P 4	67	70	68	69	72	71

**Tabel 5.2.2 Data jenis kelompok perlakuan terhadap rerata dan simpang baku kerusakan otot jantung pada tiap sampel Tikus Wistar**

Besar dosis arus listrik	Kerusakan otot jantung (jumlah titik hiperkontraksi)
	Rerata (simpang baku)
Kontrol	1,00 (0,28)
P 1	2,87 (0,24)
P 2	4,83 (0,38)

P 3	7,83 (0,29)
P 4	13,90 (0,37)

Pada tabel 5.2 di atas terlihat bahwa rata-rata perhitungan jumlah kerusakan otot jantung terbesar diperoleh pada perlakuan kelompok P4 dengan rata-rata sebesar 13,900. Sedangkan jumlah rata-rata perhitungan terendah terdapat pada perlakuan kontrol yaitu sebesar 1.

Analisis inferensial data didahului dengan uji normalitas Saphiro – Wilk. Berikut adalah tabel uji normalitas Saphiro – Wilk :

**Tabel 5.3.1. Hasil perhitungan uji kenormalan data Saphiro – Wilk**

	df	<i>P</i>
Jumlah titik hiperkontraksi	30	0,090 *

\* data berdistribusi normal,  $p > 0,05$

Berdasarkan hasil uji kenormalan data dengan menggunakan uji Shapiro-Wilk diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,090. Melihat nilai  $p > 0,05$  maka dapat diartikan bahwa data dalam penelitian ini berdistribusi normal.

Sedangkan hasil uji homogenitas dapat dilihat pada tabel berikut ini :

**Tabel 5.3.2. Hasil Perhitungan Uji Homogenitas Data**

Levene Statistic	<i>P signifikan</i>
0,553	0,699*

\* data homogen,  $p > 0,05$

Berdasarkan hasil uji homogenitas menghasilkan nilai levene statistic sebesar 0,553 dengan nilai *p signifikan* sebesar 0,699. melihat besarnya nilai  $p > 0,05$  maka dapat disimpulkan data bersifat homogen.

Untuk selanjutnya penelitian ini dilakukan analisis inferensial dengan menggunakan uji *one way anova*. Hal ini disebabkan karena tujuan dari penelitian ini yang ingin mengetahui perbedaan masing-masing perlakuan

penelitian. Adapun hasil perhitungan dengan uji *one way anova* dapat dilihat pada tabel berikut ini :

**Tabel 5.3.3. Hasil Perhitungan Uji One Way Anova Pada Seluruh Kelompok Perlakuan**

	F	p
Seluruh kelompok perlakuan	1481,286	0,000*

\* terdapat perbedaan yang signifikan,  $p < 0,05$

Berdasarkan tabel di atas terlihat bahwa pada uji *one way anova* menghasilkan nilai signifikansi sebesar 0,000. Melihat besarnya nilai  $p < 0,05$  maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan jumlah kerusakan otot jantung dari lima perlakuan yang dilakukan.

Sedangkan untuk mengetahui perbedaan masing-masing perlakuan dapat dilakukan uji lanjut LSD yaitu sebagai berikut :

**Tabel 5.3.4 Hasil Perhitungan Uji Lanjut LSD ( Perbedaan antar kelompok perlakuan )**

Jenis Kelompok Perlakuan	Kontrol	P1	P2	P3	P4
Kontrol	-	0,008*	0,000*	0,000*	0,000*
P 1	0,008*	-	0,002*	0,000*	0,000*
P2	0,000*	0,002*	-	0,000*	0,000*
P3	0,000*	0,000*	0,000*	-	0,000*
P4	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	-

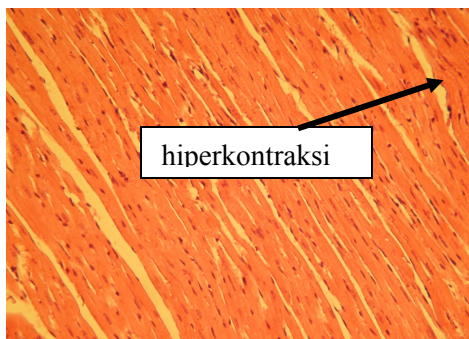
\* terdapat perbedaan yang signifikan,  $p < 0,05$

Berdasarkan hasil perhitungan uji lanjut LSD dapat diartikan bahwa nilai signifikansi uji perbedaan antar kelompok berkisar antara 0,000 – 0,008. Hal ini dapat dilihat dari nilai signifikansi seluruh perbedaan antar kelompok yang kurang dari 0,05. Hal ini diartikan bahwa pada uji jumlah kerusakan otot jantung

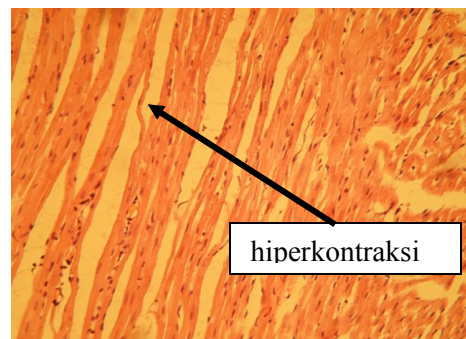
(titik hiperkontraksi) antar kelompok pada masing-masing perlakuan memiliki perbedaan yang signifikan.

## PEMBAHASAN

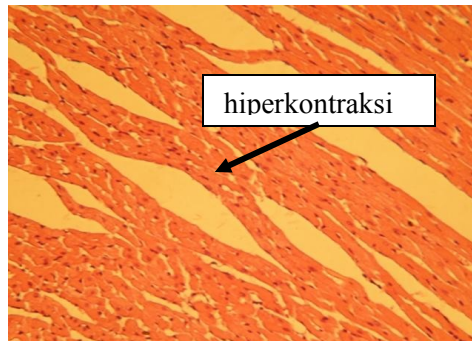
Berdasarkan analisis statistik, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang bermakna rerata jumlah kerusakan otot jantung yang mengalami hiperkontraksi, pada kelompok perlakuan dibandingkan dengan kontrol maupun antar kelompok perlakuan. Rerata jumlah kerusakan paling besar ditunjukkan oleh kelompok P4 ( paparan arus listrik 91 – 120 mA ), sedangkan kerusakan terkecil ditunjukkan oleh kelompok kontrol yang tidak mendapat paparan arus listrik. Berdasarkan analisis data hasil penelitian tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwa paparan arus listrik mempengaruhi timbulnya kerusakan histopatologis pada otot jantung. Semakin besar paparan arus listrik yang diberikan semakin besar pula kerusakan yang ditimbulkan. Hal ini sesuai dengan hipotesis yang telah diutarakan sebelumnya, sebagaimana yang diungkapkan oleh Fineschi (2006) bahwa arus listrik dapat menimbulkan kerusakan otot jantung berupa myofibril break up, yaitu teregangnya serabut otot karena hiperkontraksi. <sup>6</sup> Kilic S, sozuer EM, Deniz K, Saraymen R, Avsarogullari L, Ozkan S juga menyebutkan bahwa semakin tinggi tegangan sengatan listrik, semakin besar kerusakan yang ditimbulkan. <sup>10</sup>



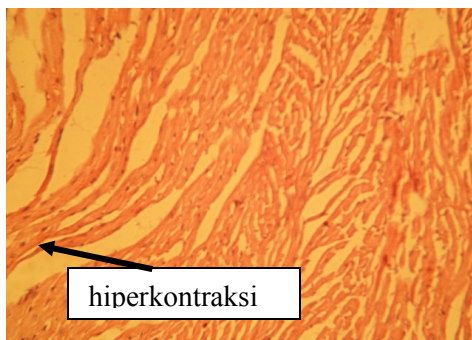
**Gambar 1. Kontrol**



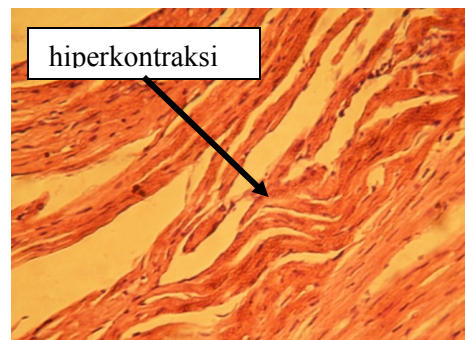
**Gambar 2. P1 (Paparan 1 – 30 mA)**



**Gambar 3. P2 (Paparan 31 – 60 mA)**



**Gambar 4. P3 (Paparan 61 -90 mA)**



**Gambar 5. P4 (Paparan 91 – 120 mA)**

**Keterangan :**

**Gambar 1 - 5** Gambaran mikroskopis tikus wistar, dengan mikroskop cahaya Olympus BX 41 pembesaran 400 kali tampak gambaran hiperkontraksi serabut otot sebagai efek paparan arus listrik bolak balik (*alternating current*) secara langsung

Kerusakan histopatologis otot jantung berupa titik hiperkontraksi akibat paparan listrik bolak balik adalah karena saat listrik masuk di permukaan tubuh melalui tangan kanan atau tangan kiri, listrik tersebut akan keluar lagi melalui tangan kontralateral atau kaki kanan atau kaki kiri korban, jalur tersebut menyebabkan arus listrik menyeberangi jantung, sehingga menyebabkan gangguan fungsi jantung,<sup>4,11</sup> Elektron - elektron dari listrik yang masuk dari luar tubuh mengalir ke dalam ruang intraseluler dan ekstraseluler di dalam jantung akibatnya elektron – elektron tersebut mengacaukan potensial membran seluruh

sel otot jantung. Tanpa rangsangan dari luar membran otot jantung sendiri akan mencapai nilai ambang dan menghasilkan potensial aksi pada suatu kecepatan yang teratur namun akibat adanya pengaruh elektron listrik dari luar potensial aksi pun meningkat.<sup>9</sup> Hal ini mengakibatkan suatu kondisi depolarisasi-repolarisasi yang terus menerus sehingga akhirnya dapat terjadi tetani. Salah satu manifestasi secara mikroskopis dari otot jantung yang mengalami tetani adalah adanya gambaran serabut otot yang tampak bergelombang (hiperkontraksi). Hal ini sesuai dengan yang disampaikan oleh Qing ZQ, Gong YC dan Huang XH (2001) dalam penelitian mereka pada tikus untuk mengamati perubahan ultrastruktur jaringan tubuh akibat paparan arus listrik, pada penelitian tersebut terdapat perubahan struktur gambaran mikroskopis otot jantung tikus yang diberi paparan arus listrik berupa nekrosis dan hiperkontraksi serabut otot akibat gangguan kelistrikan jantung.<sup>12</sup>

Kerusakan yang ditimbulkan pada organ yang dilalui oleh arus listrik ini bersifat dapat pulih (*reversibel*) maupun tidak dapat pulih (*irreversibel*) melalui mekanisme elektroporasi, panas (*joule heating*), hiperkontraksi dan ruptur serabut-serabut otot. Semakin besar arus listrik yang memasuki tubuh maka semakin parah kerusakan organ dalam. Jumlah arus listrik yang memasuki tubuh dipengaruhi oleh variabel-variabel elektrofisik, yaitu: yaitu ; besar kuat arus listrik, tegangan, resistensi tubuh, jalannya aliran listrik, lama waktu kontak, tipe lintasan arus listrik, serta luas daerah yang terpapar dengan listrik.<sup>1,7-9, 13</sup>

## **SIMPULAN DAN SARAN**

Terdapat perbedaan bermakna jumlah kerusakan histopatologis otot jantung tikus wistar antar tiap kelompok dosis paparan arus listrik, semakin tinggi dosis paparan arus listrik semakin banyak kerusakan histopatologis otot jantung tikus wistar yang ditimbulkan

Gambaran histopatologis otot jantung dapat dipergunakan sebagai indikator telah terjadi sengatan listrik, namun penggunaannya pada manusia masih dibutuhkan penelitian.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

1. Bapak Rektor Universitas Diponegoro yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk belajar, meningkatkan ilmu pengetahuan dan keahlian
2. Bapak Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengikuti pendidikan keahlian
3. Dr. Gatot Suharto, SH, Sp.F, M.Kes selaku dosen pembimbing pertama, dan Dr. Ratna Relawati selaku dosen pembimbing kedua yang telah dengan sabar membaca tiap kata, memberi petunjuk, saran, pengarahan serta bimbingan dalam penulisan karya ilmiah ini.
4. DR. H. Noor Achmad, MA, Dra.Hj. Nur Kusuma Dewi, M.Si, kedua orang tua penulis yang sangat memberi motivasi yang dengan sabar memberi kasih sayang yang tak terhingga, dan tak lupa untuk adik penulis Siera Adelati, Silka R. Jannah, Muhammad Faiq dan Salwa Nabila.
5. Raja Al Fath dan Rosalia P. sahabat dikala susah senang, teman berdiskusi saat pembuatan karya ilmiah ini berlangsung. Serta teman-teman FK Undip angkatan 2006 atas dukungan selama ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. Shepherd R. Simpson's forensic medicine. 12<sup>th</sup> ed. London: Arnold; 2003, p.111-3.
2. Kumar V. Robbin's basic pathology. 8<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2004, p.1-29.
3. Christian Spies, MD, and Richard G Trohman, MD. Electrocution and life-threatening electrical Injuries. *Ann Intern Med.* 2006
4. Cooper AM, Price TG. Electrical and lightning injuries. Available from: URL: <http://www.uic.edu/labs/lightninginjury/treatment.html>

5. Dzhokic G, Jovchevska J, Dika A. Electrical injuries: etiology, patophysiology, and mechanism of injury. *Maced J Med S.* 2008 Dec 15; 1(2):54-8. Available from: URL: <http://www.mjms.ukim.edu.mk>
6. Fineschi V. Cardiac pathology in death from electrocution. *Int J Legal Med.* 2006 Mar; 120(2):79-82. Available from: URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16078070>
7. Idries AM. *Pedoman Ilmu Kedokteran Forensik.* Edisi 1. Jakarta : Bina Rupa Aksara; 1997
8. Smith GT, Beuwwkes R, Tomki<sup>43</sup> M, Abe T, Lown B. Pathological Changes in skin and skeletal muscle following alternating current and capacitor discharge. *American Journal of Pathology.* [ cited 2007 Des 3]; 47:1-17 11
9. Gabriel JF. *Fisika Kedokteran.* Jakarta: EGC; 1996. hal 201 – 75
10. Kilic S, sozuer EM, Deniz K, Saraymen R, Avsarogullari L, Ozkan S. Correlation of serum procalcitonin and creatine phospo-kinase levels with tissue histopathology in rats exposed to experimental electric injury. *Erciyes Medical Journal* 2007;29:18-24.
11. Knight B. *Forensic pathology.* 2nd Ed. New York. Arnold; 1996. p 319 -32.
12. Qing ZQ, Gong YC, Huang XH. Ultrastructure changes of electrical injury in rats. *Fa Yi Xue Za Zhi Journal Institute of Forensic Sciences.China.*2001. Aug;17(3):142-4. Avaiable from URL. [http://www.biomedexperts.com/2533894/Ultrastructure\\_changes\\_of\\_electrical\\_injury\\_in\\_rats](http://www.biomedexperts.com/2533894/Ultrastructure_changes_of_electrical_injury_in_rats)
13. DiMaio VJM, DiMaio D. *Forensic pathology,*2<sup>nd</sup> ed. London: CRC Press,2001;31- 43