

**Efek Paparan Arus Listrik terhadap Jumlah Titik Hiperkontraksi
Otot Jantung dan Kadar Kreatin Kinase - MB Serum Tikus
Wistar**

*The Effect of Electric Current towards Hypercontraction on Cardiac
muscles and Creatine Kinase-MB Serum Level of Wistar Rats*



Tesis

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S-2
dan memperoleh keahlian dalam Ilmu Kedokteran Forensik dan
Medikolegal**

Ratna Relawati

**PROGAM PASCASARJANA MAGISTER ILMU BIOMEDIK
DAN
PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS I
ILMU KEDOKTERAN FORENSIK DAN MEDIKOLEGAL
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2011**

TESIS

**Efek Paparan Arus Listrik terhadap Jumlah Titik Hiperkontraksi
Otot Jantung dan Kadar Kreatin Kinase - MB Serum Tikus
Wistar**

Disusun oleh

Ratna Relawati

**Telah dipertahankan di depan tim penguji pada tanggal 12 Januari 2011
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima**

**Menyetujui
Pembimbing**

Pembimbing

Pembimbing

**dr. Gatot Suharto,SH,M.Si.Med, SpF
NIP. 19520220 198603 1 001**

**dr. Udadi Sadhana, M.Kes, SpPA
NIP. 19630821 199103 1 001**

Mengetahui,

**Ketua Program Studi Magister Ilmu
Biomedik Program Pascasarjana UNDIP**

**Ketua Program Studi Ilmu Kedokteran
Forensik dan Medikolegal Fakultas
KedokteranUNDIP**

**DR. dr. Winarto, SpMK, SpM,(K),DMM
NIP. 19490617 197802 1 001**

**dr. Gatot Suharto,SH,M.Si.Med, SpF
NIP. 19520220 198603 1 001**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini merupakan hasil pekerjaan saya sendiri dan didalamnya tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan lembaga pendidikan lainnya. Pengetahuan yang diperoleh berasal dari hasil penerbitan maupun yang belum / tidak diterbitkan, sumbernya dijelaskan di dalam tulisan dan daftar pustaka.

Semarang, Januari 2011

dr. Ratna Relawati
NIM G4A007031

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : dr. Ratna Relawati
NIM : G3M006101
Tempat/Tanggal lahir : Purwokerto, 11 Juni 1964
Agama : Islam
Jenis Kelamin : Perempuan
Alamat : Villa Durian No. 19 Jl.Durian RayaSondol Wetan
Banyumanik
Semarang

1. SD : lulus 1976
2. SMP : lulus 1980
3. SMA : lulus 1983
4. FK UNDIP : lulus 1990

Riwayat Pekerjaan : 1. Paur Kesmaptapol Disdokes Polda Jateng
2. Kasi Dokkes Polwil Semarang
3. Kaur Dokkes Polwiltabes Semarang
4. Kadep DPTM RS Bhayangkara Semarang

Riwayat Keluarga

Nama Suami : dr. Jarnoto SpKJ
Nama orang tua ayah : Sri Hardjono
ibu : Misri
Alamat orang tua : Jl.Ahmad Yani III/430 Purwokerto
Nama anak : Gaza Muhammad Anjartama
Khansa Pinasti Anjarsari

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah... puji syukur tiada kira penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala kemudahan dan kelancaran yang telah dianugerahkan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini yang berjudul ” Efek Paparan Arus Listrik terhadap Jumlah Titik Hiperkontraksi Otot Jantung dan Kadar Kreatin Kinase - MB Serum Tikus Wistar” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh derajat sarjana S2 di bidang Ilmu Biomedik Program Pasca Sarjana dan Program Pendidikan Dokter Spesialis I Ilmu Kedokteran Forensik dan Medikolegal Universitas Diponegoro Semarang.

Dalam kesempatan ini penulis dengan tulus menghaturkan rasa terima kasih kepada

1. dr. Gatot Suharto, SH, Msi.Med, SpF dan dr. dr. Udadi Sadhana, M.kes, SpPA selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu dengan penuh kesabaran untuk membimbing penulis dan memberikan dorongan semangat agar penulis tidak putus asa dalam pembuatan tesis ini.
2. Prof. DR. dr. H. Tjahjono, SpPA(K), FIAC, Prof. dr. Lisyani Suromo, SpPK(K) Prof. Dr. MI. Widiastuti, PAK, SpS(K),MSc, DR.dr. Winarto SpMK,SpM(K) dr. Pudjadi, SU, dr. Neni Susilaningsih, M.Si , selaku penguji yang telah berkenan memberikan masukan-masukan berharga demi kesempurnaan tesis ini.
3. Mbak Tika beserta mas-masnya dari Laboratorium MIPA UNNES.
4. Bapak Karnoto ST dan Tim Laboratorium Teknik Elektro UNDIP yang selalu sabar membantu penulis melaksanakan penelitian ini.

5. Suami, dan anak-anakku Gaza dan Khansa yang ikhlas dijauhkan sementara waktu dari ibunya selama pembuatan tesis ini.
6. Teman-teman PPDS I Forensik dan Medikolegal : dr. Arfi yang selalu mengajak diskusi tentang penelitian dan pembuatan tesis ini
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis sangat menyadari bahwa tesis ini memiliki banyak kekurangan, mengharapkan saran serta kritik demi kesempurnaan tesis ini. Besar harapan bahwa tesis ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak terutama mereka yang menggeluti bidang kedokteran forensik dan medikolegal. Amien.

Semarang, Januari 2011

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman judul	i
Halaman pengesahan	ii
Pernyataan.....	iii
Daftar Riwayat Hidup.....	iv
Kata Pengantar.....	v
Daftar isi	vii
Daftar tabel	x
Daftar gambar	xi
Daftar lampiran.....	xii
Abstrak.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar belakang	1
1.2 .Rumusan masalah	3
1.3. Tujuan penelitian.....	4
1.3.1 Tujuan umum	4
1.3.2 Tujuan khusus	4
1.4 Manfaat penelitian	5
1.5.Keaslian penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Efek paparan listrik	8
2.1.1.Arus listrik.....	8
2.1.2. Jenis paparan listrik.....	9
2.1.3. Tegangan	10
2.1.4. Tahanan (Resistensi).....	10
2.1.5. Lama kontak paparan listrik.....	11
2.1.6. Luas kontak paparan listrik.....	12
2.1.7. Jenis kelamin.....	13
2.1.8. Frekuensi listrik.....	13
2.1.9. Jalur listrik.....	14
2.1.10 Gelombang listrik.....	14
2.2. Mekanisme kerusakan sel otot akibat sengatan listrik.....	14
2.2.1. Elektroporasi	15
2.2.2. Denaturasi Protein.....	16
2.2.3. Hiperkontraksi serabut otot.....	17
2.3. Nekrosis	20
2.4. Konduksi jantung.....	21
2.5. Kadar Kreatin kinase – MB	23
2.7. Hubungan kadar kreatin kinase – MB dengan sengatan listrik.....	26

BAB 3 KERANGKA TEORI , KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS..	
3.1. Kerangka Teori.....	28
3.2. Kerangka konsep.....	29
3.3. Hipotesis	29
BAB 4 METODE PENELITIAN	
4.1. Ruang Lingkup Penelitian.....	31
4.1.1. Lingkup tempat.....	31
4.1.2. Lingkup waktu.....	31
4.1.3. Lingkup ilmu.....	31
4.2. Rancangan penelitian	32
4.3. Populasi dan sampel.....	33
4.3.1 Populasi	33
4.3.2 Sampel.....	33
4.3.2.1. Kriteria inklusi	33
4.3.2.2. Kriteria eksklusi	33
4.3.2.3. Kriteria drop out.....	33
4.3.2.4. Besar sampel	33
4.3.2.5. Cara pengambilan sampel	34
4.4. Variabel penelitian.....	34
4.4.1. Variabel Bebas	34
4.4.2. Variabel antara.....	34
4.4.3. Variabel tergantung	35
4.5. Definisi operasional	35
4.5.1. Arus Listrik Bertingkat.....	35
4.5.2. Nekrosis otot jantung	35
4.5.3. Titik hiperkontraksi serabut otot jantung.....	36
4.5.4. Kadar Kreatin kinase – MB	36
4.6. Alat dan Bahan Penelitian.....	36
4.6.1. Alat	36
4.6.1.1. Alat untuk paparan listrik	36
4.6.1.2. Alat untuk pemeriksaan histopatologis.....	37
4.6.1.3. Alat untuk mengukur kadar CK-MB serum	37
4.6.1.4. Alat untuk menimbang tikus.....	37
4.6.2. Bahan	37
4.7. Prosedur pengumpulan data	38
4.8. Alur kerja	41
4.9. Pengolahan dan Analisa Data.....	42
4.10. Etika penelitian.....	43
BAB 5.HASIL PENELITIAN	
5.1. Korelasi antara paparan arus listrik dosis bertingkat dengan jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung.....	44
5.2. Korelasi antara paparan arus listrik dosis bertingkat dengan kadar kreatin kinase- MB.....	45
5.3. Korelasi antara jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung	

dengan kadar kreatin kinase-MB serum.....	45
5.4. Perbedaan jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung antara paparan listrik secara langsung dibandingkan melalui medium air	46
5.5. Perbedaan kadar kreatin kinase-MB serum antara paparan listrik secara langsung dibandingkan melalui medium air	47
5.6. Sel otot jantung yang mengalami nekrosis.....	47
BAB 6. PEMBAHASAN	
6.1. Korelasi antara paparan arus listrik dosis bertingkat dengan jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung	48
6.2. Korelasi antara paparan arus listrik dosis bertingkat dengan kadar kreatin kinase-MB.....	49
6.3. Korelasi antar jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung dengan kadar kreatin kinase-MB serum.....	51
6.4. Perbedaan jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung antara paparan listrik secara langsung dibandingkan melalui medium air	51
6.5. Perbedaan kadar kreatin kinase-MB serum antara paparan listrik langsung dibandingkan melalui medium air	53
6.6. Tidak terdapat sel otot jantung yang mengalami nekrosis.....	54
BAB 7. SIMPULAN DAN SARAN	
7.1. Simpulan	55
7.2. Keterbatasan penelitian	55
7.3. Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Matriks keaslian penelitian	6
Tabel 2. Efek aruslistrik pada aliran listrik AC dengan frekuensi 60 Hz melewati kulit utuh ke badan	9
Tabel 3. Korelasi antara paparan arus listrik dosis bertingkat dengan jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung.....	44
Tabel 4. Korelasi antara paparan arus listrik dosis bertingkat dengan kadar kreatin kinase- MB serum.....	45
Tabel 5. Korelasi antara jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung dengan kadar kreatin kinase -MB serum.....	46
Tabel 6. Perbedaan jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung akibat paparan listrik secara langsung dibandingkan dengan melalui medium air	46
Tabel 7. Perbedaan kadar kreatin kinase- MB serum akibat paparan listrik secara langsung dibandingkan dengan melalui medium air.....	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tipe lubang pada lipid membrane: (A) Lubang hidrophobik (B) Lubang Hidrophilik.....	16
Gambar 2. Mekanisme ‘berjalan-jalan’ aktin-miosin dalam kontraksi otot.....	19
Gambar 3. Hiperkontraksi (<i>wave-like arrangement</i>) serat otot korban petir	20
Gambar 4. Kreatin kinase mengkatalis perubahan kreatine menjadi phosphocreatine.....	24
Gambar 5. Skema rancangan penelitian paparan listrik pada tikus wistar.....	32

DAFTAR LAMPIRAN

1. *Ethical clearance*
2. Data jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung dan kadar kreatin kinase - MB serum
3. Analisis spss uji korelasi Spearman
4. Analisis spss uji korelasi pearson
5. Analisis spss uji t-tidak berpasangan
6. Metode baku pembuatan preparat histologis
7. Foto preparat histopatologis otot jantung tikus wistar
8. Data kuat arus listrik, tegangan listrik, dan tahanan listrik selama proses paparan listrik

ABSTRAK

Latar belakang : Sengatan listrik dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan dan perubahan biokimiawi tubuh diantaranya hiperkontraksi otot jantung dan kadar kreatin kinase-MB serum. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuktikan efek paparan arus listrik secara langsung dan melalui medium air terhadap jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung dan kadar kreatin kinase-MB serum.

Metode : 54 ekor tikus wistar diambil dengan *simple random sampling*. Sampel dibagi menjadi 9 kelompok, yaitu: kelompok 1-4 terpapar arus listrik secara langsung, yaitu berturut-turut 1-30 mA, 31-60 mA, 61-90 mA, 91-120 mA. Kelompok 5-8 terpapar arus listrik melalui medium air, yaitu berturut-turut 1-30 mA, 31-60 mA, 61-90 mA, 91-120 mA. Kelompok 9 tidak terpapar arus listrik. Setelah adaptasi selama 7 hari, dilakukan paparan arus listrik kemudian dilakukan pemeriksaan kadar kreatin kinase –MB serum dari sinus retro orbitalis dengan COBAS Integral 400 *Plus-Roche* dan pemeriksaan jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung. Analisis data dilakukan dengan uji korelasi Spearman , Pearson dan Uji t-tidak berpasangan.

Hasil : Angka korelasi antara besar paparan arus listrik secara langsung dan melalui medium air dengan jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung adalah 0,981($p = 0,000$) dan 0,423($p= 0,020$).Angka korelasi antara besar paparan arus listrik secara langsung dan melalui medium air dengan kadar kreatin kinase-MB serum tikus *wistar* adalah 0,256 ($p = 0,172$) dan 0,337 ($p=0,068$). Tidak terdapat sel otot jantung yang nekrosis

Simpulan : Terdapat korelasi positif kuat antara besar paparan arus listrik dengan jumlah titik hiperkontraksi otot jantung. Tidak terdapat korelasi antara besar paparan arus listrik dengan kadar kreatin kinase – MB tikus wistar . Terdapat perbedaan rerata jumlah titik hiperkontraksi otot jantung yang bermakna tetapi tidak terdapat perbedaan rerata kadar kreatin kinase-MB antara paparan arus listrik secara langsung dengan melalui medium air.

Kata kunci : arus listrik, kontak langsung, medium air, otot jantung, hiperkontraksi, kreatin kinase-MB

ABSTRACT

Background: Electrocution can cause damages in tissue and body biochemical changes including heart muscles hypercontraction and elevation of creatine kinase–MB serum level. The purpose of this study is to prove effects of electrical current directly and through medium of water toward the amount of heart muscle fibre hypercontraction points and elevation of creatine kinase–MB serum level.

Method: 54 *wistar* mice was chosen using simple random sampling. Samples then divided into 9 groups, i.e. group 1 – 4 had direct exposure to electrical current, 1-30 mA, 31-60 mA, 61-90 mA, 91-120 mA, respectively. Group 5 – 8 were exposed to electrical current through medium of water, 1-30 mA, 31-60 mA, 61-90 mA, 91-120 mA, respectively. Group 9 were not exposed to electrical current. After 7 days of adaptation, exposure of electrical current were performed then creatine kinase–MB were measured from sinus retroorbitalis using COBAS Integral 400 *Plus-Roche* and number of heart muscle fibre hypercontraction points were counted. Data analysis were performed using Spearman , Pearson correlation test and independent t test

Result: Correlation value between the strength of exposure of electrical current and through medium of water with the amount of heart muscle fibre hypercontraction points were 0.981 ($p = 0.000$) and 0.423 ($p = 0.020$), while correlation number between the strength of exposure of electrical current and through medium of water with elevation of creatine kinase–MB serum level in *wistar* mice 0.256 ($p = 0.172$) and 0.337 ($p = 0.068$).

Conclusion: There is a strong positive correlation between the strength of electrical current exposures with the amount of heart muscle hypercontraction points. There is no correlation between the strength of electrical current exposures with elevation of creatine kinase–MB level in *wistar* mice. There is a significant difference between the means of heart muscles hypercontraction points, but there is no significant creatin kinase-MB levels difference between direct electrical current exposure and the use of water as the medium.

Keywords: electrical current, direct exposure, medium of water, heart muscle, hypercontraction, creatine kinase–MB

ABSTRAK

Latar belakang : Sengatan listrik dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan dan perubahan biokimiawi tubuh diantaranya hiperkontraksi otot jantung dan kadar kreatin kinase – MB serum . Tujuan penelitian ini adalah untuk membuktikan efek paparan arus listrik secara langsung dan melalui medium air terhadap jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung dan kadar kreatin kinase-MBserum.

Metode : 54 ekor tikus wistar diambil dengan *simple random sampling*. Sampel dibagi menjadi 9 kelompok, yaitu: kelompok 1-4 terpapar arus listrik secara langsung,yaitu berturut-turut 1-30 mA, 31-60 mA, 61-90 mA, 91-120 mA. Kelompok 5-8 terpapar arus listrik melalui medium air, yaitu berturut-turut 1-30 mA, 31-60 mA, 61-90 mA, 91-120 mA. Kelompok 9 tidak terpapar arus listrik. Setelah adaptasi selama 7 hari, dilakukan paparan arus listrik kemudian dilakukan pemeriksaan kadar kreatin kinase –MB serum dari sinus retro orbitalisi dengan COBAS Integral 400 *Plus-Roche* dan pemeriksaan jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung. Analisis data dilakukan dengan uji korelasi Spearman ,Pearson dan Uji t-tidak berpasangan .

Hasil : Angka korelasi antara besar paparan arus listrik secara langsung dan melalui medium air dengan jumlah titik hiperkontraksi serabut otot jantung adalah 0,981($p = 0,000$) dan 0,423($p= 0,020$).Angka korelasi antara besar paparan arus listrik secara langsung dan melalui medium air dengan kadar kreatin kinase-MB serum tikus *wistar* adalah 0,256 ($p = 0,172$) dan 0,337 ($p=0,068$). Tidak terdapat sel otot jantung yang nekrosis

Simpulan : Terdapat korelasi positif kuat antara besar paparan arus listrik dengan jumlah titik hiperkontraksi otot jantung. Tidak terdapat korelasi antara besar paparan arus listrik dengan kadar kreatin kinase – MB tikus wistar . Terdapat perbedaan rerata jumlah titik hiperkontraksi otot jantung yang bermakna tetapi tidak terdapat perbedaan rerata kadar kreatin kinase-MB antara paparan arus listrik secara langsung dengan melalui medium air.

Kata kunci : arus listrik, kontak langsung, medium air, otot jantung, hiperkontraksi, kreatin kinase-MB