



**HUBUNGAN BESAR KUAT ARUS LISTRIK BOLAK-BALIK
DALAM AIR TEHADAP KERUSAKAN GINJAL TIKUS
*WISTAR***

ARTIKEL KARYA TULIS ILMIAH

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

Disusun oleh :
JUHARMA ZANIRA
NIM: G2A 004 094

**FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2008**

CORRELATION OF ALTERNATING CURRENT TYPE ELECTRICAL INTENSITY IN WATER TO *WISTAR* MICE'S KIDNEY INJURY

Juharma Zanira *, Bambang Prameng **

BACKGROUND: *Electrical injury is an injury which is caused by electricity flow through human's body and burn the tissue or cause defect of internal organ function. Mortality which is caused by electricution needs makroskopik and mikroskopik examination to the victim's body. The organ mikroskopik examination that play role in death process is very important considers to undetectable of makroskopik pattern of electrical injury is not always founded.*

OBJECTIVE: *The study was aimed to elvaluating the correlation of AC type electrical intensity in water to Wistar mice's kidney injury.*

METHOD: *This study was an experimental study using the post test only control group design. Samples were 15 male Wistar mice divided into three groups, K(control), were not given electricity in water; group P1:were given 50 miliAmpere electricity in water about 10 seconds; Group P2: were given given 100 miliAmpere electricity in water about 10 seconds. Data were collected from histopatological examination of Wistar mice's kidney. Data were analyzed by SPSS 15.0 for windows. The normality of the data where tested by saphiro Wilk than continued with One Way ANOVA test.*

RESULT: *One Way ANOVA test between Kontrol group show significant difference ($P=0,026$). Continued by Post Hoc test between K-P1 ($P=0.204$), between K-P2 ($P=0,020$) and between P1-P2 ($P=0,398$). In Post Hoc test between Kontrol group with treatment group (P1 and P2), there is difference value of kidney injury, between Kontrol group and P2 ($P=0,020$). This value isn't founded between Kontrol group with P1 and P1 with P2.*

CONCLUSION: *There were correlation of alternaating current type electrical intensity in water to Wistar mice's kidney.*

Keywords: *Electrical intensity, Kidney injury*

* Undergraduate Student of Medical Faculty of Diponegoro University Semarang

** Lecturer of Forensic of Medical Faculty of Diponegoro University Semarang

HUBUNGAN BESAR KUAT ARUS LISTRIK BOLAK-BALIK DALAM AIR TERHADAP KERUSAKAN GINJAL TIKUS *WISTAR*

Juharma Zanira *, Bambang Prameng **

ABSTRAK

Latar Belakang: Cedera sengatan listrik adalah kerusakan yang disebabkan oleh adanya aliran arus listrik yang melewati tubuh manusia dan membakar jaringan ataupun menyebabkan terganggunya fungsi organ dalam. Dalam kasus kematian akibat sengatan listrik diperlukan pemeriksaan makroskopis serta pemeriksaan mikroskopis dari tubuh korban. Pemeriksaan mikroskopis dari organ-organ yang terlibat dalam proses kematian sangat diperlukan mengingat gambaran makroskopis tanda penyebab kematian tidak selalu tampak pada kasus kematian karena sengatan listrik.

Tujuan: menilai hubungan antara besar kuat arus listrik bolak-balik dalam air terhadap kerusakan ginjal tikus *Wistar*

Metode: Penelitian eksperimental dengan rancangan *The Post Test Only Control Group Design*. Sampel 15 ekor *wistar* jantan dibagi dalam 3 kelompok. Kelompok K: tidak diberi perlakuan dan berlaku sebagai kontrol; Kelompok P1: diberi arus listrik melalui media perantara air sebesar 50 miliAmpere, kelompok P2: diberi arus listrik sebesar melalui media perantara air sebesar 100 miliAmpere.

Hasil : Uji *ANOVA* antara Kelompok Perlakuan menunjukkan perbedaan bermakna ($p=0,026$). Dilanjutkan uji *Post Hoc* antara K-P1 ($p=0,204$), antara K-P2 ($p=0,020$) dan antara P1-P2 ($p=0,398$). Pada uji beda antara Kelompok Kontrol dengan Kelompok Perlakuan (P1 dan P2) dijumpai perbedaan nilai perubahan struktur histopatologis ginjal yang bermakna, yaitu antara Kelompok Kontrol dengan P2 ($p=0,020$) dimana hal ini tidak didapatkan pada uji beda antara Kelompok Kontrol dengan P1 dan antara P1 dengan P2.

Kesimpulan: Terdapat hubungan antara besarnya paparan kuat arus listrik AC dalam air dengan kerusakan ginjal tikus *Wistar*.

Kata kunci: Kuat arus listrik, kerusakan ginjal

* Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro

** Staf Pengajar Bagian Forensik Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro

PENDAHULUAN

Listrik adalah kondisi dari partikel subatomik tertentu, seperti elektron dan proton, yang menyebabkan panarikan dan penolakan gaya diantaranya. Dapat juga diartikan sebagai sumber energi yang disalurkan melalui kabel , arus listrik timbul oleh karena muatan listrik mengalir dari saluran positif ke saluran negatif.

Ada 2 aspek kelistrikan dan kemagnetan yang penting dalam bidang kedokteran yaitu listrik dan magnet yang ada dalam tubuh dan magnet dan listrik yang digunakan pada permukaan tubuh. Ada beberapa rumus yang berkaitan yaitu:¹

1. Hukum **OHM**: ” perbedaan potensial antara ujung konduktor berbanding langsung dengan arus yang melewati dan berbanding terbalik dengan tahanan konduktor”

$$V = I.R$$

$$R = \text{tahanan } (\Omega)$$

$$I = \text{kuat arus (A)}$$

$$V = \text{tegangan (Volt)}$$

2. Hukum **Joule**: ” arus listrik yang melewati konduktor dengan perbedaan tegangan dalam waktu tertentu akan menimbulkan panas”

$$E = V.I.t$$

$$E = \text{energi (Joule)}$$

$$I = \text{kuat arus (A)}$$

$$V = \text{tegangan (Volt)}$$

$$t = \text{waktu (detik)}$$

Cedera 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).²

Dalam terjadinya luka akibat arus listrik ada beberapa faktor yang mempengaruhi antara lain intensitas, voltase, tahanan, arah aliran, waktu, jenis

kelamin, berat badan dan kondisi sekitar. 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

Ginjal manusia terdiri dari beberapa lobus. Ginjal tikus dan kelinci hanya terdiri dari 1 lobus. Bentuk seperti biji kacang buncis dengan permukaan / batas-batas konveks yang lebih luas pada permukaan / batas konkaf. Bagian yang konkaf ini disebut hilus yang jua diisi oleh jaringan lemak. Ureter bersama-sama dengan arteri, vena renalis dan plexus nervosus akan masuk melalui batas hilus.

Pada irisan ginjal dari permukaan konveks ke hilus secara makroskopis ginjal dapat dibedakan menjadi 2 bagian :

- Cortex merupakan bagian tepi yang berwarna gelap. Tampak bergranula berwarna coklat dan kemerah-merahan
- Medulla berwarna lebih pucat. Merupakan lapisan bergaris-garis radier seperti kipas, membentuk piramid ginjal dengan apeks (puncaknya) dhihilus dan basisnya berbatasan dengan korteks.⁴

Dari latar belakang tersebut diatas maka dapat dirumuskan masalah yaitu ” Adakah hubungan antara besarnya paparan kuat arus listrik AC dalam air dengan kerusakan ginjal tikus *Wistar*? “

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai informasi pada penelitian lain mengenai efek cedera sengatan listrik bolak-balik melalui media perantara air.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan selama lebih kurang 2 minggu, dengan lokasi di Laboratorium MIPA Universitas Negeri Semarang sebagai tempat pemeliharaan tikus *Wistar* dan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Diponegoro sebagai pemberian perlakuan. Sedangkan pemeriksaan hasil sediaan preparat dilakukan di Labortorium Patologi Anatomi FK Undip.

Metode penelitian ini dengan cara membandingkan hasil observasi pada kelompok eksperimental dan kontrol. Penelitian ini adalah eksperimental

laboratorik dengan rancangan *post test only control group*. Menggunakan 3 kelompok, yaitu 2 kelompok eksperimental dan 1 kelompok kontrol, dengan randomisasi sederhana. Populasi penelitian ini adalah tikus *Wistar* jantan, umur 2-3 bulan, berat badan 160-200 gram. Besar sampel ditentukan berdasarkan WHO. Ditentukan jumlah sampel tiap kelompok perlakuan adalah lima ($n=5$). Ada tiga kelompok percobaan dalam penelitian ini. Sehingga jumlah tikus *Wistar* yang menjadi sampel ada lima belas ekor. Kelompok kontrol (K): tidak diberi perlakuan dan berlaku sebagai kontrol; kelompok perlakuan 1 (P1): diberi arus listrik melalui media perantara air sebesar 50 miliAmpere; kelompok perlakuan 2 (P2); diberi arus listrik sebesar melalui media perantara air sebesar 100 miliAmpere.

Setelah diberi perlakuan, tikus *Wistar* dimatikan dengan cara dekapitasi, kemudian organ ginjal diambil. Organ ginjal kemudian diolah mengikuti metoda baku histologi. Dari setiap tikus *Wistar* dibuat 1 preparat jaringan ginjal dan tiap preparat dibaca dalam 5 lapangan pandang yaitu pada kelima lapangan pandang yang berjauhan pada cortex ginjal dengan perbesaran 400x. Tiap lapangan pandang dihitung jumlah penutupan tubulus proksimal dan adanya hialin cast.

Data yang diperoleh diolah dengan program komputer SPSS 15.0 dan dilihat distribusi datanya normal atau tidak dengan uji *SaphiroWilk*. Bila distribusi datanya normal, diuji beda dengan *ANOVA* (Analisa of Variance) test. Bila distribusi datanya tidak normal maka dilakukan transformasi. Jika setelah ditransformasi tetap didapatkan distribusi data yang tidak normal maka dilakukan uji beda menggunakan statistik non parametrik *Kruskal Wallis* :

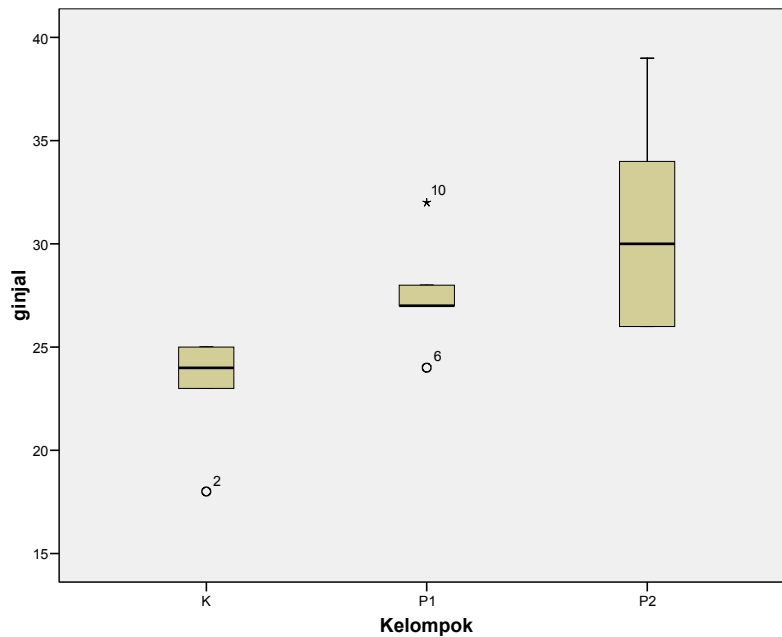
1. jika $P \leq 0,05$ maka terdapat hubungan yang bermakna
2. jika $P \geq 0,05$ maka tidak terdapat hubungan yang bermakna

Jika didapatkan hasil yang bermakna maka terdapat hubungan antar kuat arus listrik dengan derajat kerusakan ginjal tikus *Wistar*.

HASIL PENELITIAN

Dari penelitian ini ditemukan adanya derajat perubahan struktur histopatologis pada ginjal tikus *Wistar* berupa penutupan tubulus proksimal. Didapatkan distribusi data yang normal pada uji *Saphiro Wilk* yaitu Kelompok Kontrol=0,050, P1=0.601, dan P2=0,417.

Untuk memastikan uji distribusi pada Kelompok Kontrol dengan nilai 0,05, berikut ini akan dicantumkan plot hasil uji distribusi.



Plot hasil uji distribusi

Pada plot didapatkan gambaran kotak yang simetris pada kontrol sehingga distribusi data pada kontrol dianggap normal.

Hasil uji Parametrik *ANOVA* menunjukkan ada perbedaan yang bermakna pada nilai perubahan struktur histopatologis sel hepatosit antar kelompok yang diuji ($p=0,026$).

Hasil Uji *Post Hoc* untuk menilai perbandingan antar kelompok dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Uji *Post Hoc* antar kelompok

	K	P1	P2
K	-	0,204	0,020*
P1	-	-	0,398
P2	-	-	-

*Ada perbedaan yang bermakna ($p < 0,05$)

Pada uji beda antara Kelompok Kontrol dengan Kelompok Perlakuan (P1 dan P2) dijumpai perbedaan nilai perubahan struktur histopatologis ginjal yang bermakna, yaitu antara Kelompok Kontrol dengan P2 ($p=0,020$) dimana hal ini tidak didapatkan pada uji beda antara Kelompok Kontrol dengan P1 dan antara P1 dengan P2.

PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian ini didapatkan didapatkan bahwa pemberian arus listrik melalui media perantara air pada tikus *Wistar* mengakibatkan timbulnya kerusakan ginjal. Kelompok P2 memiliki kerusakan yang terberat dibandingkan dengan Kelompok Perlakuan lainnya dan apabila dibandingkan dengan kelompok kontrol tampak terdapat perbedaan bermakna. Kelompok P1 memiliki kerusakan lebih ringan dibandingkan dengan Kelompok P2. Kelompok P1 memiliki derajat perubahan paling ringan dibandingkan dengan Kelompok Perlakuan yang lain dan apabila dibandingkan dengan Kelompok lainnya tampak terdapat perbedaan namun tidak bermakna.

Medan listrik yang kuat pada jaringan tubuh dapat menyebabkan kerusakan sel yang parah melalui minimal 2 mekanisme, yaitu pemanasan joule dan elektroporasi. Keduanya dapat meningkatkan permeabilitas membran dan menyebabkan kelelahan energi metabolik. Pada pemanasan joule, jalur alur listrik melalui bahan non superkonduktif dapat meningkatkan suhu bahan tersebut. Suhu yang diatas normal merusak sel karena rusaknya membran sel terjadi pada suhu lebih dari 42 derajat selsius. Diatas 45^oC terjadi pecah atau putusnya ikatan intra molekuler pada protein bersama hilangnya bentuk (denaturasi). Denaturasi DNA terjadi pada suhu diatas 5^oC.

Mekanisme lain yang dikenal pada kerusakan akibat trauma elektrik/ listrik adalah elektroporasi. Proses pemecahan struktur membran dengan medan

listrik yang kuat. Sebagai hasil, medan magnet kuat tercipta di dalam membran sel, melalui potensial transmembran terinduksi yang mengeluarkan air ke membran hingga terbentuk lubang lebar atau defek. Sebagian besar membran sel ruptur ketika potensial transmembran lebih besar dari 0,8-1 volt. Elektroporasi membran terjadi dengan cepat, dengan skala waktu kurang dari 1 milidetik.

Oleh sebab kepekaan terhadap paparan suhu diatas normal terlepas dari jenis jaringan, ketika suhu mencapai tingkat patologis, semua jaringan pada jalur arus akan terbakar. Kerusakan membran sel yang luas menyebabkan pelepasan myoglobin dan hemoglobin yang memasuki peredaran darah. Gagal ginjal akut dapat menyebabkan deposisi molekul yang mengandung besi intrarenal.⁵

Ketika kerusakan akibat panas sudah banyak tersebar, itu artinya kerusakan tidak hanya meliputi membran sel saja. Dan apabila membran intraselular sudah terlibat maka akan mengakibatkan kerusakan yang ireversibel.

Kerusakan yang diakibatkan oleh energi panas tidak bergantung pada besarnya ukuran sel, walaupun jumlah sel yang lebih besar lebih dapat dirusak dengan elektroporasi.

Panas yang diakibatkan oleh arus listrik merupakan kebayakan sebab dari rusaknya otot lurik dan dapat dengan jelas terlihat pada kecelakaan tegangan tinggi. Perubahan histologi terlihat pada jejas otot yaitu adanya koagulasi, nekrosis dengan pemendekan sarkomer.

Terjadi peningkatan tekanan interstitial pada compartement yang melampaui tekanan perfusi kapiler, yang mengakibatkan iskemi otot. Berkurangnya perfusi mengakibatkan kenaikan permeabilitas kapiler dan ekstrasvasi cairan intravascular serta menambah tekanan intersisial pada compartemen.

Kerusakan otot pada kompartemen mempunyai potensi sistemik tingkat sedang yang mengakibatkan pemanjangan permeabilitas vaskuler lokal dengan ekstrasvasi cairan intravascular kedalam sisi sel yang mengalami jejas dengan mengakibatkan hipovolemi. Absorpsi pigmen dari kerusakan otot dan dalam jumlah kecil hemoglobin dari sel darah merah yang rusak menuju sirkulasi beberapa saat setelah pajanan arus dan menuju ginjal dengan membawa muatan pigmen. Absorpsi pigmen ke dalam saluran intravascular mengakibatkan gagal ginjal akut. Mekanisme dari gagal ginjal akut akibat myoglobinuria

mengakibatkan kerusakan collecting system selanjutnya mengakibatkan iskemi korteks ginjal.

Pasien dengan pigmen heme pada urinya diasumsikan telah terjadi myoglobinuria sampai diagnosis dapat ditegakkan dengan tes yang lebih spesifik. Alkalinisasi pada urin meningkatkan kelarutan myoglobin dalam urin, dan menaikkan klirens.⁶

Nefrotoksin endogen mencakup hemoglobin, mioglobin, dan protein Bence Jones. Sejumlah besar mioglobin terkandung di dalam otot dan dapat dilepaskan setelah cedera remuk berat (rhabdomyolisis). Bila hemoglobin, mioglobin, atau protein Bence Jones diekskresikan dalam urine, terjadi efek toksik langsung pada sel tubular ginjal dan menyebabkan ARF. Yang terakhir, pengendapan kristal asam urat dalam tubulus ginjal yang menyebabkan obstruksi. Pada kedua situasi ini, lisis sel masif menyebabkan lepasnya sejumlah besar prekursor asam urat purin.

Istilah nekrosis tubular akut (acute tubular necrosis, ATN) biasanya digunakan baik untuk cedera ginjal iskemik maupun nefrotoksik, sekalipun tidak mencerminkan sifat serta keparahan perubahan yang terjadi di tubules. Dua jenis lesi histologik yang sering ditemukan pada ATN adalah: (1) nekrosis epitel tubulus yang meninggalkan membrana basalis utuh, biasanya akibat menelan bahan kimia nefrotoksik, dan (2) nekrosis epitel tubulus dan membrana basalis yang sering disertai iskemia ginjal.

Derajat kerusakan tubulus pada ATN yang disebabkan oleh nefrotoksin sangat bervariasi dan prognosinya bervariasi sesuai dengan kerusakan tersebut. Kerusakan tubulus yang disebabkan oleh iskemia ginjal juga sangat bervariasi. Hal ini bergantung pada luas dan durasi penurunan aliran darah ginjal dan iskemia. Kerusakan dapat berupa destruksi berbercak atau luas pada epitel tubulus dan membrana basalis, atau nekrosis korteks.⁷

KESIMPULAN

Terdapat hubungan antara besar kuat arus listrik bolak-balik dalam air terhadap kerusakan ginjal tikus *Wistar*.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai hubungan antara besar kuat arus listrik bolak-balik dalam air terhadap kerusakan ginjal tikus *Wistar* itu sendiri.

Perlu dilakukan penelitian pembandingan mengenai hubungan antara besar kuat arus listrik bolak-balik dalam air terhadap kerusakan ginjal tikus *Wistar* itu sendiri.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai besar kuat arus listrik bolak-balik dalam air minimal terhadap kerusakan ginjal tikus *Wistar* itu sendiri.

Untuk penelitian lebih lanjut diharapkan lebih memperhatikan bias dan faktor-faktor lainnya yang dapat merusak hasil penelitian itu sendiri.

Lebih berhati-hati dalam pembuatan preparat, karena dengan pembuatan yang kurang tepat, dapat menimbulkan kerusakan preparat yang menyebabkan kesalahan dalam pembacaan preparat itu sendiri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas berkah dan karunia yang diberikan kepada kami sehingga terselenggaranya penelitian ini. Terima kasih kepada dr. Bambang Prameng, Sp.F, dr. Ika Sp.PA, dan dr. Arfi atas bimbingannya selama ini dan seluruh staff bagian Forensik FK UNDIP dan kedua orang tua atas dukungannya selama ini. Mbak tika, Mas lili yang selama ini telah banyak membantu, segenap teman satu kelompok (Mega,Puput,Ita,Vina dan Iik,) serta semua pihak yang telah membantu menyelesaikan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Gabriel JF. Fisika Kedokteran. Departemen Fisika Universitas Udayana Denpasar Bali, 1996
2. Subrahmanyam M. Electrical Burn Injury. Departement of Surgery, Government Medical college, Miraj and General Hospital, Sangli, Maharashtra, India, 2004.
3. Workers Deaths by Electrocutation. A Summary of NIOSH Surveillance and Investigative Findings, U.S, 1998.
4. Robbins L, Kumar V. Buku Ajar Patologi I edisi 4. Jakarta: Erlangga; 1995
5. Chauhan DC, Chari PS, Khuller GK, Singh Dalbir. Correlation of renal complications with extent and progression of tissue damage in electrical burns. Departments of Plastic Surgery, Post Graduate Institute of Medical Education and Research, Chandigarh, India
6. Bockholdt B, Schneider V. Death by Electrocutation in the Bathtub [serial on line. 2007] cited 2007 Nov 16]. Available from: Institute of Forensic Medicine University Hospital Benjamin Franklin, Free University of Berlin Summary.
7. Robbins, Kumar. Buku Ajar Patologi II edisi 4. Jakarta: 1995