

HALAMAN PENGESAHAN

Telah direvisi dan disetujui Artikel Karya Tulis Ilmiah dari:

Nama : Rahayu Ratna Putri
NIM : G2A004150
Fakultas : Kedokteran Umum
Universitas : Universitas Diponegoro Semarang
Tingkat : Program Pendidikan Sarjana
Judul : Pengaruh Lamanya Paparan Arus Listrik Bolak Balik
dalam Air Terhadap Kerusakan Ginjal Tikus Wistar
Pembimbing : dr. Arif Rahman Sadad, Msi.Med, Sp.F, SH.
Bagian : Ilmu Kedokteran Forensik

Semarang, 27 Agustus 2008

Penguji,

Pembimbing

dr. Gatot Suharto, Sp.F, SH
131 610 341

dr. Arif Rahman Sadad, Msi.Med, Sp.F, SH
140 370 013

Ketua Penguji

dr. Ari Ardianto, Sp.B (KBD)

PENDAHULUAN

Mengetahui akan kematian pada suatu kasus kecelakaan listrik sangatlah penting bukan hanya untuk melakukan resusitasi korban tetapi juga untuk kepentingan *medicolegal*. Sejah ini kebanyakan kasus kecelakaan listrik meliputi proses pengadilan untuk menentukan kasus kelalaian, pertanggungjawaban, atau ganti rugi.¹ Sebagai seorang dokter umum atau dokter forensik yang diminta untuk melakukan autopsi demi kepentingan peradilan sudah seyogyanya dapat membuat diagnosis yang tepat.²

Pada kasus kecelakaan listrik tegangan tinggi (lebih dari 220 volt) gambaran makroskopis pada korban tidaklah nampak secara signifikan kecuali menyerupai luka bakar, tetapi mengakibatkan kerusakan pada organ-organ yang lebih dalam. Dan tidak diketahui berapa derajat kerusakan organ dalam bila tidak dilakukan pemeriksaan secara makroskopis dan mikroskopis.¹ Selain itu, pada sengatan arus melalui air sebagai media konduktor, yakni tangan yang basah atau berkeringat, kerusakannya lebih tidak terlihat secara makroskopis, namun berpotensi mengakibatkan kerusakan organ dalam yang lebih banyak.³

Ginjal sebagai organ yang mempunyai fungsi ekskresi merupakan salah satu organ yang terkena dampak komplikasi akibat dari sengatan arus listrik melalui vaskularisasi ginjalnya itu sendiri sehingga mengalami iskemi yang mengakibatkan hiperemia, nekrosis dan ruptur. Kerusakan tubulus yang disebabkan oleh banyaknya myoglobin bebas yang berada dalam pembuluh darah ginjal yang memacu terjadinya nekrosis tubular akut dan gagal ginjal akut.¹

Pada penelitian Chauhan dkk selama 1 tahun pada tahun 2001 ditemukan sebanyak 32 orang pasien yang diautopsi dengan mengambil gambaran

histopatologi pada kedua ginjalnya dimana 6 diantaranya (18,75%) mengalami gagal ginjal akut dan 5 diantara pasien ini mengalami kematian yang disebabkan oleh gagal ginjal.⁴

Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat terjadinya kerusakan pada sengatan listrik meliputi energi panas maupun proses electroporasi. Energi panas berbanding lurus dengan lama paparan sehingga durasi kontak yang semakin lama akan menghasilkan energi panas yang semakin besar yang akan mengakibatkan kerusakan yang semakin banyak.^{5,6,7}

Sirkuit arus bolak balik (AC) pada tegangan yang sama mengakibatkan tiga kali lebih berbahaya daripada arus searah (DC) dan sirkuit bolak balik lebih banyak digunakan dan terlibat dalam kehidupan sehari-hari manusia dalam rumah tangga maupun industri.^{1,5,8}

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan *post test only control group design*. Penelitian dilaksanakan selama 2 minggu di bagian Patologi Anatomi FK Undip dan laboratorium konversi energi listrik dan sistem tenaga jurusan elektro Fakultas Teknik Undip. Hewan coba yang digunakan dalam penelitian ini adalah 25 ekor tikus wistar dari Fakultas MIPA jurusan Biologi UNNES, dengan umur 8 minggu, berat badan 200-250 gram, dan tidak tampak cacat secara anatomi. Besar sampel tiap kelompok perlakuan adalah 5 (WHO). Ada lima kelompok percobaan dalam penelitian ini. Sehingga, jumlah tikus yang menjadi sampel ada 25 ekor.

Besarnya arus listrik 100 mA dengan tegangan 220 volt dan lamanya paparan arus listrik 10 detik dilakukan berdasarkan penelitian sebelumnya. Sedangkan paparan arus listrik selama 5 detik, 15 detik, dan 20 detik dilakukan agar terdapat perbedaan terhadap kerusakan ginjal tikus wistar antar kelompok perlakuan dan antara kelompok perlakuan dan kontrol.

Tikus wistar diadaptasikan dengan diit standar dan minum ad libitum selama 1 minggu, kemudian dibagi secara acak menjadi lima kelompok. Kelompok I sebagai kontrol, hanya diberi diit standar dan minum ad libitum. Kelompok II diberi diit standar dan minum ad libitum serta diberi paparan arus listrik bolak balik 100 mA dengan tegangan 220 volt dalam air selama 5 detik. Kelompok III diberi diit standar dan minum ad libitum serta diberi paparan arus listrik bolak balik 100 mA dengan tegangan 220 volt dalam air selama 10 detik. Kelompok IV diberi diit standar dan minum ad libitum serta diberi paparan arus listrik bolak balik 100 mA dengan tegangan 220 volt dalam air selama 15 detik. Kelompok V diberi diit standar dan minum ad libitum serta diberi paparan arus listrik bolak balik 100 mA dengan tegangan 220 volt dalam air selama 20 detik. Selanjutnya dilakukan dislokasi leher dan diambil organ ginjalnya untuk dibuat preparat histopatologi, kemudian dilakukan penilaian mikroskopik. Pemeriksaan gambaran mikroskopik dilakukan dengan lima lapangan pandang pada setiap preparat dengan perbesaran 400 kali. Penilaian gambaran mikroskopik satu lapangan pandangan adalah dihitung jumlah tubulus yang nekrosis dengan 2 glomerulus. Nekrosis ditandai dengan kolapsnya tubulus proximal.

Data yang terkumpul diolah dengan program SPSS 13.00 *for windows*. Kemudian variabel terikat diuji normalitasnya dengan uji *shapiro-wilk*. Bila

diperoleh distribusi normal, uji hipotesis dilakukan dengan menggunakan statistik parametrik *one way analysis of variance* (ANOVA). Bila diistribusi datanya tidak normal, ditransformasi. Jika setelah ditransformasi tetap didapatkan distribusi data yang tidak normal maka dilakukan uji beda menggunakan statistik non parametrik *Kruskal-Wallis*:

Ketentuan yang digunakan adalah sebagai berikut

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

HASIL PENELITIAN

Dua puluh lima sampel pada penelitian ini memenuhi semua kriteria yang ditentukan. Tidak ada mencit yang mati selama perlakuan. Dilakukan uji *shapiro wilk* dan didapatkan distribusi data yang normal.

Tabel 1. tes normalitas dengan uji *shapiro wilk*

Kelompok	Shapiro wilk		
	Statistik	df	Signifikansi
5 detik	0.849	5	0.192
10 detik	0.988	5	0.971
15 detik	0.990	5	0.980
20 detik	0.905	5	0.439
kontrol	0.848	5	0.190

Normalitas distribusi dapat dilihat dengan uji *shapiro wilk*. Dari uji ini didapatkan $p > 0,05$ pada masing masing kelompok sehingga dapat disimpulkan bahwa distribusi data adalah normal. Setelah diketahui bahwa data terdistribusi normal dilanjutkan dengan uji ANOVA yang sebelumnya dilakukan uji varians.

Tabel 2. uji varians

Levelene statistic	df1	df2	Signifikansi
2.092	4	20	0.120

Pada uji varians, diperoleh nilai $p = 0.120$. karena nilai $p > 0,05$ maka dapat diambil kesimpulan bahwa varians data adalah sama.

Tabel 3. signifikansi pada tes ANOVA

	Sum of squares	df	Mean square	F	Signifikansi
Between groups	1.085	4	0.271	5.496	0.004
Within groups	0.987	20	0.049		
Total	2.073	24			

Pada uji ANOVA diperoleh $p = 0.004$. karena nilai $p < 0,05$ maka disimpulkan terdapat perbedaan bermakna pada kelompok yang diuji dengan kontrol. Akan tetapi untuk benar-benar mengetahui kelompok mana saja yang terdapat perbedaan bermakna, selanjutnya dilakukan uji *post hoc*.

PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa pemberian paparan arus listrik bolak balik 100 mA dengan tegangan 220 volt di dalam air pada tikus wistar mengakibatkan kerusakan ginjal tikus wistar secara mikroskopis. Perubahan yang diakibatkan berupa rusaknya tubulus proximal berupa penutupan lumen yang diakibatkan oleh degenerasi albuminosa. Nekrosis terjadi karena gangguan aliran darah, sel tubulus proximal amat peka terhadap anoksia. Perubahan muatan listrik permukaan sel epitel tubulus, transport aktif ion dan asam organik dan kemampuan untuk mengkonsentrasikannya merupakan faktor predisposisi kerusakan tubulus. Iskemi yang diakibatkan oleh menutupnya tubulus pengumpul menimbulkan perubahan struktur sel epitel, kehilangan polarisasi sel sehingga

tubulus rusak, aliran kemih terganggu, tekanan intra tubulus meningkat, kecepatan filtrasi glomerulus turun. Selain itu, cairan dari tubulus yang rusak merembes ke dalam interstitial, meningkatkan tekanan instersitial dan tubulus mengalami kolaps.

Pada penelitian ini didapatkan perbedaan yang bermakna antara kelompok kontrol dengan P2, kelompok kontrol dengan P4, P2 dengan P3 dan P3 dengan P4. Akan tetapi pada perbandingan dengan kelompok selain diatas tidak didapatkan perbedaan yang bermakna. Hal ini diakibatkan juga oleh penggunaan medium air sebagai konduktor. Konduktivitas air dipengaruhi oleh konsentrasi ion, temperatur air, dan kemurnian air. Akan tetapi air juga bisa berperan sebagai resistor, yaitu apabila nilai konduktivitas airnya rendah. Sehingga terdapat hubungan terbalik antara konduktivitas air dan resistansi air. Penelitian terdahulu tanpa air sebagai medium, dengan paparan langsung arus listrik dengan titik kontak terdapat perbedaan yang bermakna antar kelompok pada gambaran histopatologik ginjalnya.

Aktivitas air sebagai konduktor sekaligus mempunyai resistensi mempengaruhi perbedaan perubahan kerusakan yang didapat secara mikroskopis.

KESIMPULAN

Terdapat pengaruh antara lama paparan arus listrik bolak balik dalam air terhadap kerusakan ginjal tikus *Wistar*.

SARAN

1. perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai lama paparan arus listrik bolak balik terhadap kerusakan organ ginjal dengan lebih memperhatikan kualitas air sebagai medium sekaligus sebagai konduktor.
2. perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap kerusakan organ ginjal dengan mengukur kadar serum kreatinin agar didapatkan angka validitas yang lebih baik.
3. perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai lama paparan arus listrik bolak balik terhadap kerusakan organ ginjal dengan perbedaan lama paparan yang lebih tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur kehadirat Alloh SWT atas berkah dan karunia yang telah diberikan kepada kami sehingga terselenggaranya penelitian ini. Terimakasih kepada dr. Arif Rahman Sadad, Sp.F, Msi.Med, S.H. ,dr. Ika Pawitra, Sp.PA, dr. Arfi Syamsun , dr. Dodi Novrial, dr. Hidayat Sulisty, dr. Vega, atas bimbingannya selama ini dan seluruh staff bagian Forensik FK Undip, Bapak dan Ibu, Ahmad Burhani, ST. Segenap teman-teman satu kelompok, teman-teman dari Laboratorium konversi energi listrik program studi elektro fakultas teknik Universitas Diponegoro, serta semua pihak yang telah membantu menyelesaikan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Cooper MA, Price TG. Electrical and lightning injuries. [*accessed on* November 22 2007].
Available from: <http://www.uic.edu/labs/lightninginjury/Electr&Ltn.pdf>
2. Budiyanto, Arif. Dkk. Ilmu kedokteran forensik. Jakarta: Bagian Kedokteran Forensik Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia: 1997. hal.1-8
3. *Anonymous*.electrical safety for electrical worker. NIOSH. [*accessed on* November 22 2007]. *Available from:* <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/02-123.pdf>
4. Chauhan DC, Chari PS, Khuller GK, Singh Dalbir. Correlation of renal complications with extent and progression of tissue damage in electrical burns. *Indian J Plastic Surg* July-December 2004 vol. 37 issue 2. [*accessed on* November 22 2007]. *Available from:* <https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/8813/1/p104023.pdf>
5. Edlich, Richard. Burns, electrical. *Emedicine* 2006. [*accessed on* November 22 2007] *Available from:* <http://www.emedicine.com/plastic/topic491.htm>
6. Liottam, Elizabeth A. Burns electrical. *Emedicine* 2006. [*accessed on* November 22 2007] *Available from:* <http://www.emedicine.com/derm/topic859.htm>
7. Romeo, B.,J. Candell-Riera, et al. Myocardial necrosis by electrocution: evaluation of noninvasibe methods. *J Nucl Med* 1997; 38:250-251
8. Casini, Virgil. Overview of electrical hazards. NIOSH. [*accessed on* November 22 2007]. *Available from:* <http://0-www.cdc.gov.pugwash.lib.warwick.ac.uk/niosh/docs/98-131/pdfs/98-131.pdf>
9. Dahlan MS. Statistika untuk kedokteran dan kesehatan. Jakarta : Bina Mitra Press; 2004.

Lampiran 1

METODE BAKU HISTOLOGIS PEMERIKSAAN JARINGAN GINJAL

A. Cara pengambilan jaringan dan fiksasi

1. Mengambil jaringan yang dibutuhkan sesegera mungkin setelah tikus dimatikan (kurang dari 2 jam) dengan ukuran 1x1x1 cm³.
2. Kemudian memasukkan ke dalam larutan fiksasi dengan urutan sebagai berikut :
 - a. Fiksasi dalam larutan Bouin maksimal 6 jam.
 - b. Kemudian jaringan dipindahkan ke dalam larutan formalin 10%
 - c. Jaringan diperkecil ukurannya.
 - d. Jaringan dimasukkan ke alkohol 70% \pm 24 jam, kemudian dilanjutkan dengan alkohol 80% - 90%.
 - e. Larutan xylol alkohol 1 : 1 dengan waktu \pm 24 jam.
 - f. Larutan xylol 1, 2, 3 dengan waktu masing-masing 30 menit, sehingga jaringan terlihat tembus pandang.
 - g. Xylol parafin 1 : 1 selama 20 menit/24 jam dengan dipanaskan dalam oven 55°C
 - h. Parafin 1, 2, 3 selama 30 menit.
 - i. Parafin 4 waktu 30 menit, lalu jaringan dicetak blok parafin, kemudian didinginkan \pm 24 jam.
 - j. Kemudian dipotong dengan mikrotom.

B. Cara pemotongan blok

1. Menyiapkan kaca objek bersih.
2. Kaca objek diberi albumin di tengahnya.

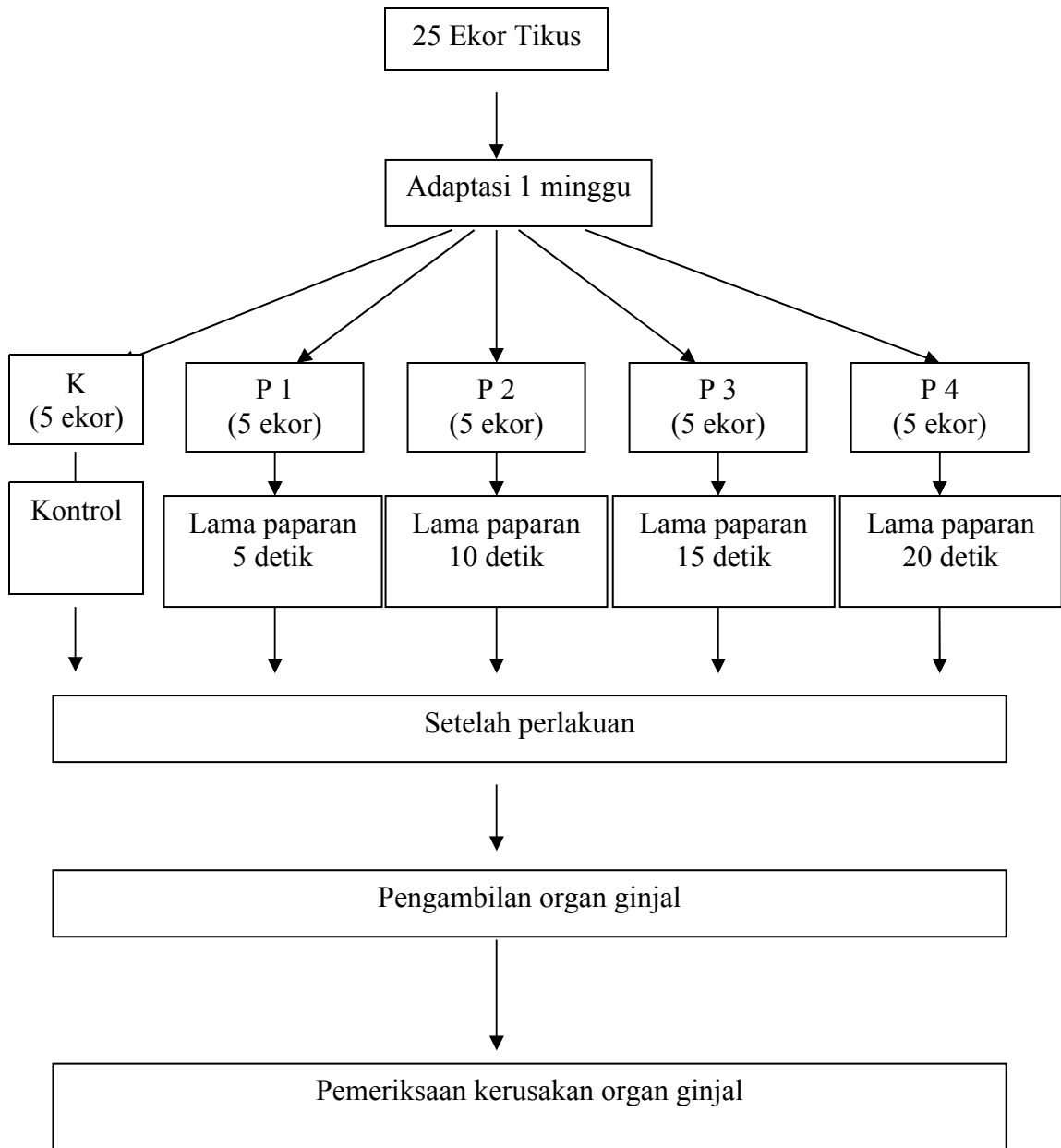
3. Direkatkan
4. Blok yang sudah disiapkan dipotong dengan ketebalan 5 mikro, lalu dimasukkan air panas $\pm 60^{\circ}\text{C}$. Setelah jaringan mengembang, jaringan diambil menggunakan kaca objek yang sudah diberi albumin.
5. Kemudian dikeringkan.
6. Parafin yang ada pada kaca objek atau jaringan dihilangkan dengan dipanaskan dalam oven 60°C atau dengan tungku.

C. Pewarnaan

1. Xylol 1 ± 5 menit
2. Xylol 2 ± 5 menit
3. Alkohol xylol ± 2 menit
4. Bilas alkohol 96% - 30% masing-masing ± 30 menit
5. Bilas aquades 1x ± 10 menit
6. Hematoksilin $\pm 2-10$ menit
7. Bilas dengan air mengalir sampai bersih
8. Bilas aquades
9. Bilas alkohol 50-96%
10. Eosin $\pm 2-5$ menit
11. Bilas alkohol 96% 2x
12. Bilas alkohol xylol langsung dibersihkan kotoran-kotoran yang ada di sekitar jaringan.
13. Xylol 1,2 ± 5 menit, langsung ditutup kaca penutup.
14. Maka jadilah preparat

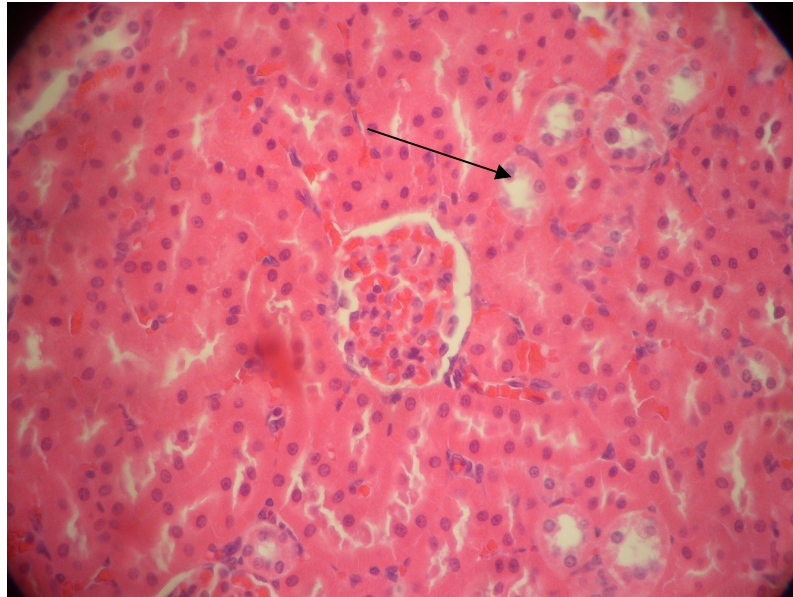
Lampiran 2

Alur penelitian:



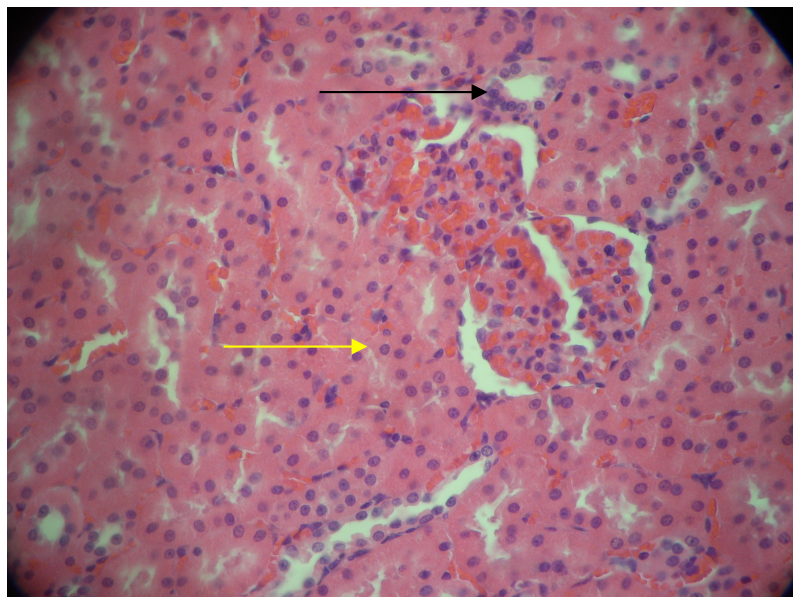
Lampiran 3

Perbesaran 400X, pengecatan HE



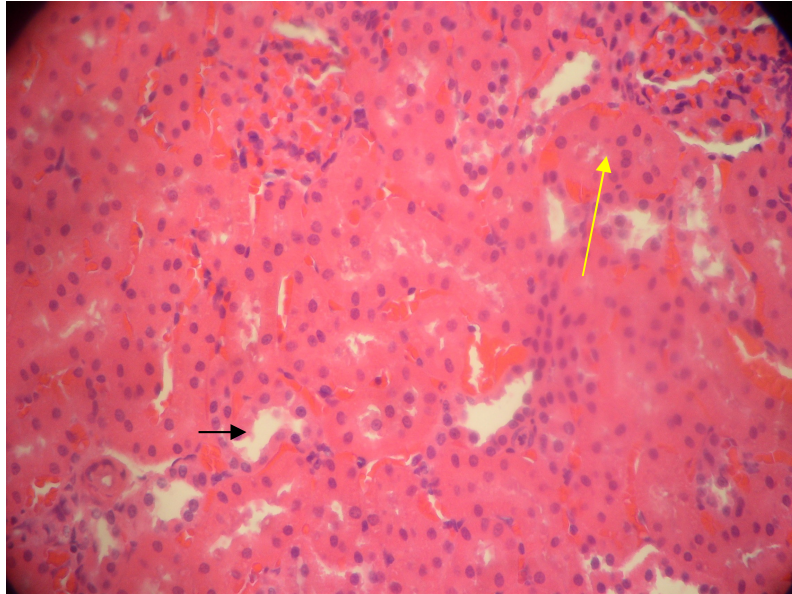
Gambar 1. Tubulus ginjal tikus Wistar kelompok kontrol.

Epitel tubulus normal ditunjukkan oleh panah hitam



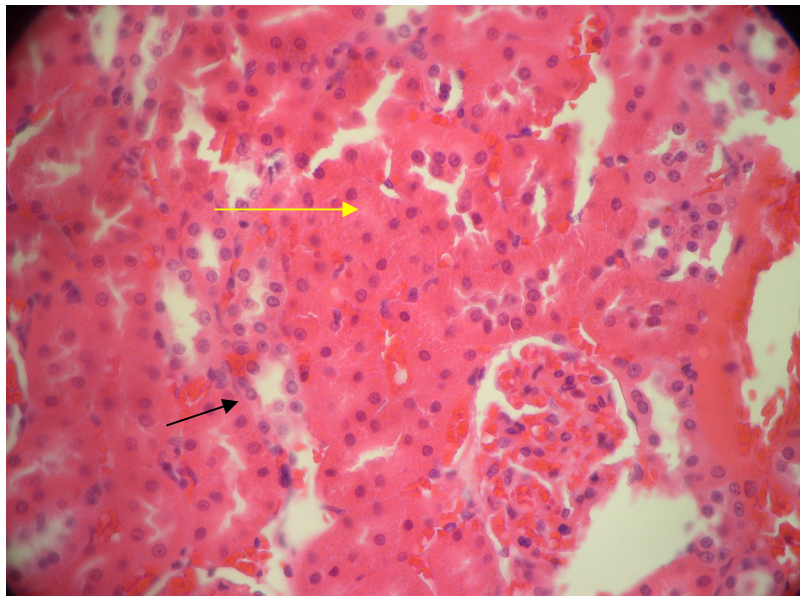
Gambar 2. tubulus ginjal dengan paparan arus listrik bolak balik selama 5 detik dengan medium air.

Panah hitam menunjukkan epitel normal, panah kuning epitel nekrosis



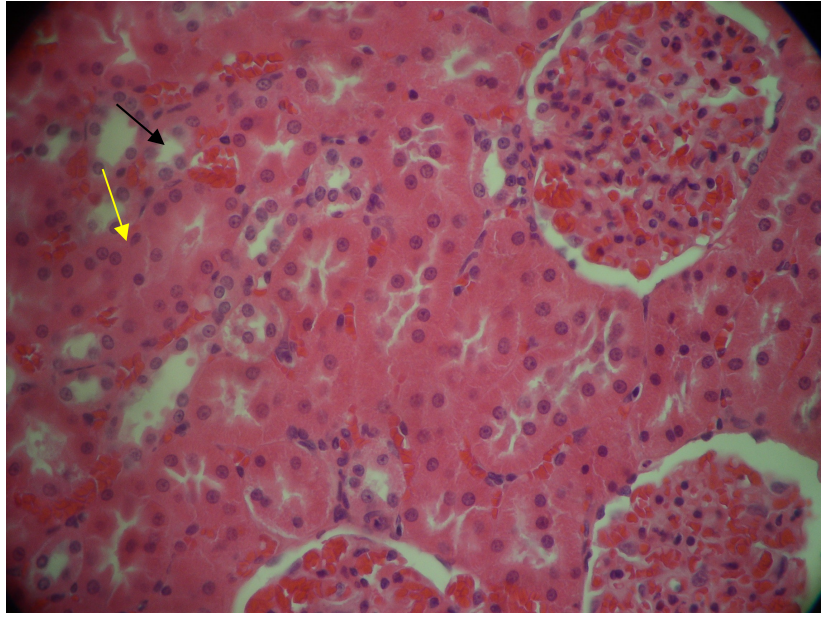
Gambar 3. tubulus ginjal dengan paparan arus listrik bolak balik selama 10 detik dengan medium air.

Panah hitam menunjukkan epitel normal, panah kuning epitel nekrosis



Gambar 4. tubulus ginjal dengan paparan arus listrik bolak balik selama 15 detik dengan medium air.

Panah hitam menunjukkan epitel normal, panah kuning epitel nekrosis



Gambar 5. gambar 4. tubulus ginjal dengan paparan arus listrik bolak balik selama 20 detik dengan medium air.

Panah hitam menunjukkan epitel normal, panah kuning epitel nekrosis

Lampiran 4

Explore

Data

Descriptives

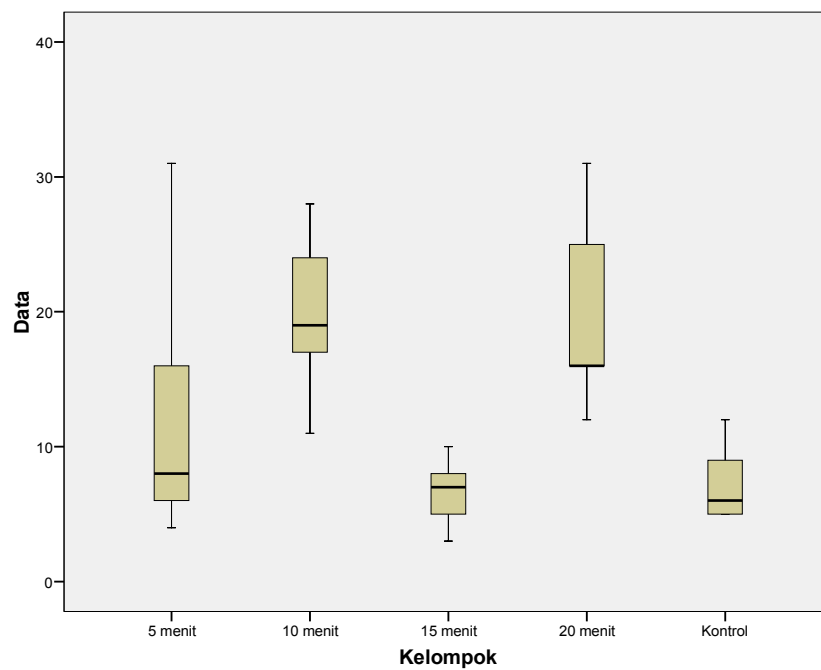
Data	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
5 menit	5	13.00	11.045	4.940	-.71	26.71	4	31
10 menit	5	19.80	6.535	2.922	11.69	27.91	11	28
15 menit	5	6.60	2.702	1.208	3.25	9.95	3	10
20 menit	5	20.00	7.778	3.479	10.34	29.66	12	31
Kontrol	5	7.40	3.050	1.364	3.61	11.19	5	12
Total	25	13.36	8.664	1.733	9.78	16.94	3	31

Tests of Normality

Kelompok	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Data 5 menit	.275	5	.200*	.849	5	.192
10 menit	.149	5	.200*	.988	5	.971
15 menit	.159	5	.200*	.990	5	.980
20 menit	.296	5	.173	.905	5	.439
Kontrol	.277	5	.200*	.848	5	.190

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction



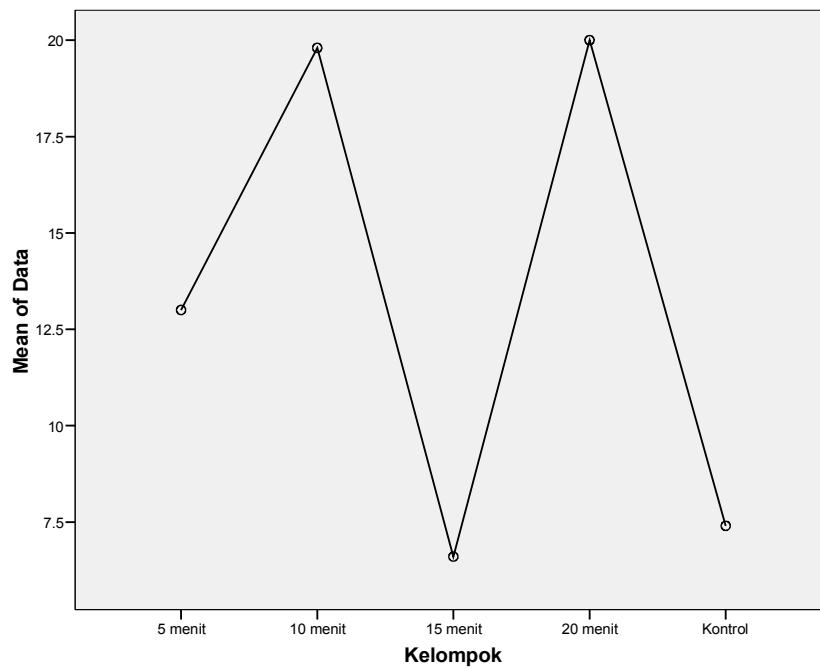
Oneway

Test of Homogeneity of Variances

Data

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3.021	4	20	.042

Means Plots



Oneway

Test of Homogeneity of Variances

lg10

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.092	4	20	.120

ANOVA

lg10

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.085	4	.271	5.496	.004
Within Groups	.987	20	.049		
Total	2.073	24			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Ig10

Tukey HSD

(I) Kelompok	(J) Kelompok	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
5 menit	10 menit	-.27984	.14053	.306	-.7003	.1407
	15 menit	.21090	.14053	.574	-.2096	.6314
	20 menit	-.27959	.14053	.306	-.7001	.1409
	Kontrol	.15385	.14053	.807	-.2667	.5744
10 menit	5 menit	.27984	.14053	.306	-.1407	.7003
	15 menit	.49074*	.14053	.017	.0702	.9112
	20 menit	.00025	.14053	1.000	-.4203	.4208
	Kontrol	.43369*	.14053	.041	.0132	.8542
15 menit	5 menit	-.21090	.14053	.574	-.6314	.2096
	10 menit	-.49074*	.14053	.017	-.9112	-.0702
	20 menit	-.49049*	.14053	.017	-.9110	-.0700
	Kontrol	-.05705	.14053	.994	-.4776	.3635
20 menit	5 menit	.27959	.14053	.306	-.1409	.7001
	10 menit	-.00025	.14053	1.000	-.4208	.4203
	15 menit	.49049*	.14053	.017	.0700	.9110
	Kontrol	.43344*	.14053	.041	.0129	.8540
Kontrol	5 menit	-.15385	.14053	.807	-.5744	.2667
	10 menit	-.43369*	.14053	.041	-.8542	-.0132
	15 menit	.05705	.14053	.994	-.3635	.4776
	20 menit	-.43344*	.14053	.041	-.8540	-.0129

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Homogeneous Subsets

Ig10

Tukey HSD^a

Kelompok	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
15 menit	5	.7849	
Kontrol	5	.8419	
5 menit	5	.9958	.9958
20 menit	5		1.2753
10 menit	5		1.2756
Sig.		.574	.306

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.