

Laporan Hasil Penelitian**ANALISIS HISTOPATOLOGI PEMBULUH DARAH TIKUS BERDASARKAN JARAK LUKA MASUK PASCA PAPAN LISTRIK**

Annisa Sarfina Djunaedy¹⁾, Ulfa Elfiah²⁾, Heni Fatmawati³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Jember

²⁾ Staf Pengajar Fakultas Kedokteran Universitas Jember

Submitted : Januari 2018

/ Accepted : Juni 2018

/ Published : Juli 2018

ABSTRACT

Electrical injury is damage to the tissues or organs of the body due to the flow of electric current through the body. The Blood vessel is one of the tissues that is damaged when an electrical injury occurs. One of the damages to the blood vessel is the presence of thrombus that can interfere with blood flow and cause the management of electrical injury to be less good. The purpose of this study was to analyze the histopathology of rat blood vessel based on the distance of entry wound after electrical exposure. The type of research was true experimental laboratories with post test only control group design. This study used 25 Wistar strain rats which were divided into five groups. One controlled and the rats in the other four groups were exposed to 140 V electrical potential for 17 seconds. The control group was not exposed to electricity, the H0 group terminated on the 0th day after the exposure of electricity, the H3 group terminated on the 3rd-day post electrical exposure, the H7 group terminated on the 7th-day post electrical exposure, the H10 group terminated on the 10th-day post exposure to electricity. In this study, the percentage of thrombus in the right saphenous artery was observed. Hypothesis accepted if the data analysis using One Way ANOVA or Kruskal Wallis was $p < 0.05$. In this study, it was found that the percentage of thrombus will decrease as the farther from the entry wound, except in the H7 group. Also, the result showed that thrombus percentage increased over time and decreased at a certain time. However, in this study, it was found that there was no statistically significant difference in blood vessels histopathology, especially thrombus based on the distance of entry wound on days 0th, 3rd, 7th, and 10th.

Keywords : electrical injury, blood vessel histopathologic, entry wound, thrombus

Correspondence to : annisasarfinadj@gmail.com

ABSTRAK

Electrical injury adalah suatu kerusakan pada jaringan atau organ tubuh akibat adanya aliran arus listrik yang melewati tubuh. Salah satu jaringan yang mengalami kerusakan ketika terjadi *electrical injury* adalah pembuluh darah yaitu dapat berupa adanya trombus yang dapat mengganggu aliran darah sehingga menyebabkan *tatalaksana electric injury* menjadi kurang baik. Tujuan umum dari penelitian ini adalah menganalisis histopatologi pembuluh darah tikus berdasarkan jarak luka masuk pasca paparan listrik. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental sebenarnya dengan rancangan *post test only control group design*. Penelitian ini menggunakan 25 ekor tikus Wistar yang dibagi menjadi lima kelompok. Perlakuan yang diberikan berupa paparan listrik sebesar 140 V selama 17 detik. Kelompok kontrol

merupakan kelompok yang tidak diberi paparan listrik, kelompok H0 diterminasi pada hari ke-0 pasca paparan listrik, kelompok H3 diterminasi pada hari ke-3 pasca paparan listrik, kelompok H7 diterminasi pada hari ke-7 pasca paparan listrik, kelompok H10 diterminasi pada hari ke-10 pasca paparan listrik. Pada penelitian ini, hal yang diamati yaitu persentase trombus pada arteri *saphena dekstra* berdasarkan jarak dari luka masuk. Hipotesis diterima apabila hasil analisis data menggunakan *One Way Anova* atau *Kruskall Wallis* menghasilkan $p < 0.05$. Secara garis besar, pada hasil penelitian didapatkan bahwa persentase trombus semakin berkurang ketika semakin jauh dari luka masuk, kecuali pada kelompok H7. Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa secara garis besar persentase trombus bertambah seiring berjalannya waktu dan menurun pada waktu tertentu. Namun, pada penelitian ini didapatkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik pada gambaran histopatologi pembuluh darah, khususnya trombus pasca paparan listrik berdasarkan jarak luka masuk di hari ke-0, ke-3, ke-7, dan ke-10.

Kata kunci : *electrical injury*, histopatologi pembuluh darah, luka masuk trombus

Korespondensi : annisarfinaadj@gmail.com

PENDAHULUAN

Electrical injury atau cedera akibat sengatan listrik masih menjadi topik yang jarang diteliti di Indonesia. Di Indonesia, data kolektif mengenai *electric injury* masih belum ada, namun terdapat penelitian tentang pasien *electrical injury* di Jakarta, yaitu penelitian epidemiologi yang dilakukan di Unit Luka Bakar (ULB), Rumah Sakit Umum Pusat Cipto Mangunkusumo (RSCM) pada tahun 2009 – 2010. Pada penelitian ini ditemukan sebanyak 11,8% pasien yang dirawat di ULB RSCM mengalami luka bakar yang disebabkan oleh listrik (Suzan dan Andayani, 2017). Selain itu, berdasarkan hasil studi pendahuluan yang didapat dari Rumah Sakit Daerah dr. Soebandi Kabupaten Jember pada bulan Maret 2016 – September 2017, jumlah pasien *electric injury* sebanyak 11 orang.

Fenomena *electric injury* ini relatif jarang terjadi. Walaupun kasus ini jarang terjadi, namun angka morbiditas dan mortalitas dari kejadian ini sangat tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Martina dan Wardhana di unit Luka Bakar RSCM dari Januari 2011 –

Desember 2012, memaparkan bahwa sebanyak 76 pasien dewasa meninggal akibat luka bakar, dan 14% dari jumlah pasien meninggal tersebut disebabkan oleh listrik (Martina dan Wardhana, 2013). Pada penelitian yang dilakukan oleh Liu didapatkan bahwa 0,5% kematian ada kaitannya dengan cedera listrik, dan di antara kematian tersebut, 60% - 70% disebabkan oleh listrik tegangan rendah dan terkadang disebabkan oleh arus pendek dari aki mobil di Amerika dan Cina (Liu *et al.*, 2016). Pada kasus *electrical injury*, pasien yang tidak meninggal mengalami gangguan fungsi tubuh dan beberapa memerlukan operasi rekonstruktif (Karimi *et al.*, 2015). Dengan adanya data-data tersebut, maka *electric injury* dapat dikatakan perlu mendapat perhatian khusus agar morbiditas dan mortalitasnya dapat menurun.

Pada *electrical injury*, kerusakan terparah yang tampak berada pada luka masuk dan luka keluar. Namun, dalam beberapa kasus, luka bakar akibat serangan listrik tampak ringan atau bahkan tak kasat mata, akan tetapi terdapat kemungkinan adanya kerusakan jaringan dalam yang serius,

seperti pada pembuluh darah, saraf, dan otot. Kerusakan yang tak kasat mata tersebut terkadang menyebabkan gagalnya proses penatalaksanaan *electrical injury* (Moenadjat, 2009).

Pembuluh darah merupakan salah satu jaringan yang mengalami kerusakan ketika terjadi *electrical injury*. Kerusakan yang terjadi pada pembuluh darah berupa erosi endotel, adhesi leukosit dan trombosit, serta terbentuknya trombus-trombus yang diselubungi oleh fibrin-fibrin. Peristiwa tersebut, terutama trombus dapat menyebabkan adanya gangguan sirkulasi yang dapat mempengaruhi kehidupan sel – sel pembuluh darah dan jaringan sekitarnya. Terdapat banyak cara yang digunakan sebagai penatalaksanaan *electric injury*, seperti penggunaan trombolitik, *debridement*, *fasciotomy*, *escharotomy*, *skin grafting*, *skin flap*, *microvascular surgery*, bahkan amputasi pada daerah nonvital. Hal ini dilakukan agar sirkulasi darah berjalan normal kembali sehingga jaringan di sekitarnya dapat terhindar dari nekrosis (Aghakhani *et al.*, 2014; Daley, 2017; Fish, 2010; Moenadjat, 2009).

Penelitian yang ada hingga saat ini hanya memaparkan tentang insidensi dan prevalensi *electric injury*, sedangkan data keberhasilan tatalaksana *electric injury* khususnya *microvascular surgery* masih sedikit. Pada teknik *microvascular surgery*, dibutuhkan kepastian keadaan pembuluh darah yang bebas dari trombus. Berdasarkan fakta tersebut, dibutuhkan suatu penelitian untuk mengetahui kejadian trombus di berbagai titik pada pembuluh darah dari luka masuk, sehingga tatalaksana *electric injury* diharapkan lebih baik dari sebelumnya. Dengan tatalaksana yang lebih baik, diharapkan dapat meminimalisir morbiditas dan mortalitas *electric injury* yang cukup tinggi. Oleh karena itu, peneliti ingin meneliti tentang analisis histopatologi pembuluh darah tikus berdasarkan jarak luka masuk pasca paparan listrik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan 25 ekor tikus Wistar yang dibagi menjadi lima kelompok. Perlakuan yang diberikan berupa paparan listrik sebesar 140 V selama 17 detik. Paparan yang diberikan merupakan hasil konversi dari rumus yang didapatkan pada penelitian sebelumnya (Tayfur *et al.*, 2011). Kelompok kontrol merupakan kelompok yang tidak diberi paparan listrik, kelompok H0 diterminasi pada hari ke-0 pasca paparan listrik, kelompok H3 diterminasi pada hari ke-3 pasca paparan listrik, kelompok H7 diterminasi pada hari ke-7 pasca paparan listrik, kelompok H10 diterminasi pada hari ke-10 pasca paparan listrik. Sebelum diberikan paparan listrik, tikus dianestesi dengan menggunakan *ketamin 40 mg/kgBB* dan *xylazin 5 mg/kgBB* secara intraperitoneal (Tayfur *et al.*, 2011).

Pemberian paparan listrik hanya dilakukan satu kali pada kelompok H0, H3, H7, dan H10 pada hari ke-1 pasca adaptasi selama 7 hari. Perlakuan dilakukan dengan cara meletakkan tikus di atas papan fiksasi yang memiliki ketebalan 1 cm. Elektroda positif berupa aluminium dililitkan di tungkai kanan bawah tikus tepat di bagian kulit yang di bawahnya terdapat percabangan distal dari arteri *saphena dekstra*, elektroda negatif berupa aluminium juga dililitkan di tungkai kiri bawah tikus tepat di bagian kulit yang di bawahnya terdapat percabangan distal dari arteri *saphena sinistra*. Sebelum elektroda dipasang, pastikan rambut tikus sudah dicukur untuk memudahkan proses identifikasi luka masuk dan luka keluar. Kemudian listrik dengan tegangan sebesar 140V dipaparkan selama 17 detik.

Setelah pemaparan listrik, dilakukan perawatan luka berupa penutupan luka dengan menggunakan kasa steril yang sebelumnya telah diberi NaCl. Kasa diganti setiap hari agar kesterilan luka tetap terjaga. Selain perawatan luka, kebersihan kandang juga diperhatikan agar luka tidak terinfeksi

bakteri dengan cara membersihkan kandang setiap hari.

Tikus kemudian diterminasi sesuai dengan waktu yang telah ditentukan sebelumnya. Tikus diterminasi dengan cara dekapitasi leher. Sebelum dilakukan dekapitasi leher, tikus telah dianastesi menggunakan *ether* di dalam toples. Setelah tikus diterminasi, tikus diletakkan di meja pembedahan, kemudian tungkai tikus dibuka seluasnya. Kulit pada daerah tungkai disisihkan dengan menggunakan gunting. Pengambilan arteri dimulai dari luka masuk yaitu di bagian percabangan distal *vena saphena dekstra* yang terlihat jelas, jaringan tersebut digunting ke arah proksimal dengan panjang kurang lebih 2 cm. Jaringan yang diambil berupa arteri, vena, saraf, dan otot. Ujung jaringan yang dekat dengan luka masuk diberi benang sebagai penanda. Setelah mendapatkan jaringan sepanjang kurang lebih 2 cm, jaringan tersebut dibungkus dengan menggunakan kertas saring agar tetap tegak saat proses fiksasi. Setelah itu, jaringan tersebut dimasukkan ke dalam botol yang berisi *formalin* 10%. Botol ditutup rapat dan diberikan label. Kemudian dilakukan pembuatan preparat dan pengecatan *Hematoksilin Eosin* (HE). Pada saat pembuatan preparat, jaringan diambil di tiga titik, yaitu tepat di benang, 1 cm dari benang, dan 2 cm dari benang.

Pengamatan histopatologi dilakukan di Laboratorium Biomed – Patologi Anatomi Fakultas Farmasi Universitas Jember dengan menggunakan kamera mikroskop *Olympus bx53t* pada perbesaran 400 kali. Hal yang diamati adalah gambaran trombus pada jarak 0 cm dari luka masuk, 1 cm dari luka masuk, dan 2 cm dari luka masuk. Trombus diamati dengan cara menghitung presentase luas trombus di dalam lumen arteri. Presentase luas trombus dihitung dengan cara membandingkan luas trombus dengan luas lumen arteri lalu dikalikan dengan 100% (Adnyana dan Saputro, 2017).

Hasil penelitian kemudian dianalisis menggunakan program analisis data. Uji normalitas data menggunakan uji *Shapiro–Wilk*. Apabila data terdistribusi normal, dilakukan uji homogenitas dengan uji *Levene*. Jika varians data berdistribusi normal dan homogen dilanjutkan dengan metode uji parametrik, yaitu uji *One Way Anova*. Bila data tidak terdistribusi normal, maka digunakan uji non parametrik *Kruskal–Wallis*. Hipotesis dianggap bermakna bila nilai $p < 0,05$. Jika pada uji ANOVA menghasilkan nilai $p < 0,05$ maka dilanjutkan dengan melakukan analisis *Post Hoc LSD*, dan jika pada uji non parametrik *Kruskal–Wallis* menghasilkan nilai $p < 0,05$ maka akan dilanjutkan dengan melakukan analisis *Post Hoc Mann-Whitney*.

HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian mengenai analisis histopatologi pembuluh darah tikus berdasarkan jarak luka masuk pasca paparan listrik adalah data persentase trombus yang terjadi di pembuluh darah arteri *saphena* pada 0 cm dari luka masuk, 1 cm dari luka masuk, dan 2 cm dari luka masuk pada hari ke-0, ke-3, ke-7, dan ke-10 pasca paparan listrik. Pada penelitian ini, luka masuk dan luka keluar didapatkan tepat setelah paparan listrik diberikan selama 17 detik. Secara makroskopis didapatkan luka masuk dan luka keluar berupa permukaan kulit yang tampak lebih pucat daripada daerah kulit lainnya serta permukaan tengah luka yang lebih cekung daripada permukaan tepinya.

Pada pengamatan mikroskopis atau histopatologi, didapatkan gambaran trombus pada kelompok yang telah dipapar oleh listrik, sedangkan pada kelompok kontrol tidak ditemukan adanya trombus. Pada kelompok kontrol yang tidak diberi paparan listrik, lumen arteri *saphena* hanya terdapat plasma.

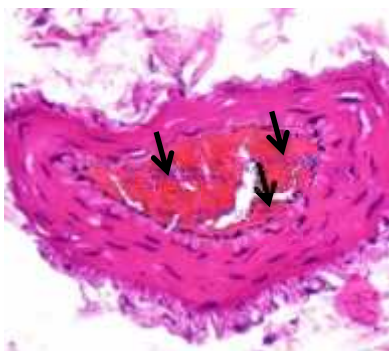
Pada Kelompok H0 didapatkan adanya trombus dengan rata-rata persentase trombus

pada jarak 0 cm dari luka masuk sebesar 28,26%, 1 cm dari luka masuk sebesar 7,55%, dan 2 cm dari luka masuk sebesar 6,44%. Persentase trombus terbesar terdapat pada jarak 0 cm dari luka masuk, sedangkan persentase trombus terkecil terdapat pada jarak 2 cm dari luka masuk.

Pada Kelompok H3 didapatkan adanya trombus dengan rata-rata persentase trombus pada jarak 0 cm dari luka masuk sebesar 32,24%, 1 cm dari luka masuk sebesar 19,86%, dan 2 cm dari luka masuk sebesar 12,27%. Persentase trombus terbesar terdapat pada jarak 0 cm dari luka masuk, sedangkan persentase trombus terkecil terdapat pada jarak 2 cm dari luka masuk.

Pada Kelompok H7 didapatkan adanya trombus dengan rata-rata persentase trombus pada jarak 0 cm dari luka masuk sebesar 28,28%, 1 cm dari luka masuk sebesar 9,11%, dan 2 cm dari luka masuk sebesar 19,25%. Persentase trombus terbesar terdapat pada jarak 0 cm dari luka masuk, sedangkan persentase trombus terkecil terdapat pada jarak 1 cm dari luka masuk.

Pada Kelompok H10 didapatkan adanya trombus dengan rata-rata persentase trombus pada jarak 0 cm dari luka masuk sebesar 33,65%, 1 cm dari luka masuk sebesar 22,63%, dan 2 cm dari luka masuk sebesar 13,34%. Persentase trombus terbesar terdapat pada jarak 0 cm dari luka masuk, sedangkan persentase trombus terkecil terdapat pada jarak 2 cm dari luka masuk. Gambar trombus dapat dilihat pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3.

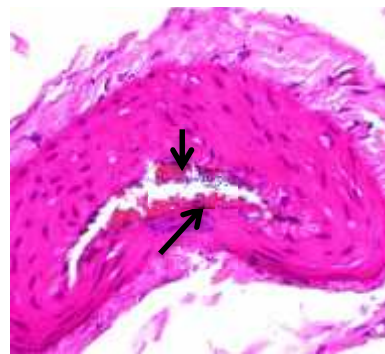


Gambar 1. Trombus (panah hitam) pada potongan lumen *arteri* melintang kelompok H10 di 0 cm dari

luka masuk menggunakan pengecatan *hematoksilin eosin* dengan mikroskop cahaya perbesaran 400 kali



Gambar 2. Trombus (panah hitam) pada potongan lumen *arteri* melintang kelompok H10 di 1 cm dari luka masuk menggunakan pengecatan *hematoksilin eosin* dengan mikroskop cahaya perbesaran 400 kali



Gambar 3. Trombus (panah hitam) pada potongan lumen *arteri* melintang kelompok H10 di 2 cm dari luka masuk menggunakan pengecatan *hematoksilin eosin* dengan mikroskop cahaya perbesaran 400 kali

Secara garis besar, persentase trombus semakin berkurang ketika semakin jauh dari luka masuk. Pada kelompok H0, H3, dan H10, rata-rata persentase trombus terbesar berada pada jarak 0 cm dari luka masuk dan persentase trombus terkecil terjadi pada jarak 2 cm dari luka masuk. Namun, pada kelompok H7 didapatkan hal yang berbeda. Pada kelompok ini didapatkan rata-rata persentase trombus terbesar berada pada jarak 0 cm dari luka masuk dan rata-rata persentase trombus terkecil berada pada jarak 1 cm dari luka masuk.

Selain itu, pemaparan data-data di atas menunjukkan bahwa secara garis besar persentase trombus bertambah seiring berjalannya waktu. Pada jarak 0 cm dan 1 cm dari luka masuk didapatkan persentase trombus meningkat pada hari ke-3 dan mengalami penurunan pada hari ke-7,

kemudian kembali meningkat pada hari ke-10. Namun, pada jarak 2 cm dari luka masuk didapatkan persentase trombus yang meningkat sampai hari ke-7 dan menurun di hari ke-10. Data persentase trombus secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Rata-rata Persentase Trombus dalam Lima Kelompok

	Rata-rata Persentase Trombus (%)				
	Kontrol	H0	H3	H7	H10
0 cm dari luka masuk	0 ± 0,00	28,26 ± 26,59	32,24 ± 25,04	28,28 ± 31,09	33,65 ± 25,97
1 cm dari luka masuk	0 ± 0,00	7,55 ± 11,21	10,86 ± 22,40	9,11 ± 14,56	22,63 ± 26,84
2 cm dari luka masuk	0 ± 0,00	6,44 ± 14,40	12,27 ± 27,44	10,25 ± 18,05	13,34 ± 19,50

Data yang dapat diuji dengan *One Way Anova* adalah kelompok jarak 0 cm dari luka masuk. Data tersebut memenuhi syarat uji *One Way Anova* yaitu data terdistribusi normal dan homogen. Berdasarkan hasil uji *One Way Anova*, kelompok jarak 0 cm dari luka masuk tidak berbeda secara signifikan (nilai $p = 0,984$). Hasil analisis *One Way Anova* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis *One Way Anova* pada Jarak 0 cm dari Luka Masuk

Kelompok	Jarak 0 cm dari Luka Masuk
H0	28,26 ± 26,59
H3	32,24 ± 25,04
H7	28,28 ± 31,09
H10	33,65 ± 25,97
Signifikansi	0,984

Uji *Kruskal-Wallis* dilakukan untuk kelompok H0, H3, H7, H10, 1 cm dari luka masuk dan 2 cm dari luka masuk yang tidak terdistribusi normal. Berdasarkan hasil uji *Kruskal-Wallis*, didapatkan data bahwa semua nilai p dalam setiap kelompok $> 0,05$; hal tersebut menunjukkan bahwa semua kelompok tidak berbeda secara signifikan. Hasil analisis *Kruskal-Wallis* dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Hasil Analisis *Kruskal-Wallis* Berdasarkan Hari

	H0	H3	H7	H10
0 cm dari luka masuk	28,26 ± 26,59	32,24 ± 25,04	28,28 ± 31,09	33,65 ± 25,97
1 cm dari luka masuk	7,55 ± 11,21	10,86 ± 22,40	9,11 ± 14,56	22,63 ± 26,84
2 cm dari luka masuk	6,44 ± 14,40	12,27 ± 27,44	10,25 ± 18,05	13,34 ± 19,49
Signifikansi	0,340	0,407	0,581	0,790

Tabel 4. Hasil Analisis *Kruskal-Wallis* Berdasarkan Jarak

	1 cm dari Luka Masuk	2 cm dari Luka Masuk
H0	7,55 ± 11,21	6,44 ± 14,40
H3	10,86 ± 22,40	12,27 ± 27,44
H7	9,11 ± 14,56	10,25 ± 18,05
H10	22,63 ± 26,84	13,34 ± 19,50
Signifikansi	0,555	0,528

PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis data, tidak ditemukan perbedaan persentase trombus yang signifikan secara statistik berdasarkan jarak luka masuk pada hari ke-0, ke-3, ke-7, dan ke-10. Namun, pada hasil penelitian ditemukan bahwa secara garis besar persentase trombus mengalami penurunan ketika semakin jauh dari luka masuk, kecuali pada hari ke-7. Penurunan persentase trombus ini didukung oleh teori sebelumnya yang menyatakan bahwa kerusakan terparah berada pada luka masuk dan luka keluar. Hal ini disebabkan oleh arus listrik yang terkonsentrasi di dua daerah tersebut. Arus listrik akan menghasilkan panas yang akan berdifusi melalui tunika intima pembuluh darah. Proses difusi panas yang terjadi akan semakin berkurang apabila menjauhi sumber panas. Panas inilah yang akan berdampak pada kerusakan endotel pembuluh darah (Moenadjat, 2009).

Kerusakan endotel pada pembuluh darah sangat berperan penting dalam pembentukan trombus. Rusaknya endotel secara fisik mengakibatkan pajanan kolagen subendotel serta aktivator trombosit lain, perlekatan trombosit, pelepasan faktor jaringan, dan depleksi PGI_2 dan PA lokal. Endotel yang

mengalami disfungsi akan menghasilkan faktor prokoagulasi dalam jumlah yang lebih besar, misalnya molekul adhesi untuk mengikat trombosit, faktor jaringan, PAI; dan efektor antikoagulan dalam jumlah yang lebih kecil, misalnya trombomodulin, PG^{I2} dan t-PA. Jejas pada sel endotel juga dapat mengubah aliran darah lokal dan mempengaruhi koagulabilitas. Jejas endotel yang mengalami trombus akan mempengaruhi aliran darah lokal sehingga menjadi abnormal (statis dan turbulen). Pada kondisi ini didapatkan banyaknya eritrosit yang terperangkap dalam fibrin. Aliran darah yang abnormal ini selanjutnya juga dapat menyebabkan jejas endotel. Faktor tersebut dapat bekerja secara independen atau dapat bergabung menyebabkan pembentukan trombus (Abbas *et al.*, 2015).

Pada penelitian di hari ke-7 didapatkan data yang tidak sama dengan hari lainnya. Pada hari ini didapatkan bahwa rata-rata persentase trombus terbesar berada di jarak 0 cm dari luka masuk, kemudian rata-rata persentase trombus menurun di jarak 1 cm dari luka masuk dan kembali meningkat di jarak 2 cm dari luka masuk. Hal tersebut disebabkan karena pada *electric injury* tidak hanya berlangsung kerusakan jaringan akibat termal yang hanya terkonsentrasi pada luka masuk dan daerah sekitarnya. Kerusakan jaringan pada *electric injury* terjadi secara luas oleh dua mekanisme, yaitu kerusakan jaringan termal dan kerusakan akibat elektroporasi, dua hal ini dianggap memiliki kontribusi yang tinggi pada kerusakan akhir yang dihasilkan. Elektroporasi dapat mengganggu fungsi sel meskipun arus listrik yang diberikan tidak mampu memproduksi kerusakan termal (arus sangat kecil). Proses ini tidak hanya terjadi di luka masuk dan daerah sekitarnya, namun dapat terjadi di seluruh lintasan listrik (Kalkan *et al.*, 2014; Schulze *et al.* 2016).

Adanya kontak langsung antara sumber arus dengan konduktor (jaringan permukaan

tubuh), menyebabkan terjadinya perpindahan elektron-elektron. Di saat itu, berlangsung proses elektrolisis dan reaksi eksotermal, elektrokimiawi, diikuti perubahan pH, konsentrasi oksigen, dan pelepasan zat toksik ke dalam jaringan sekitar. Fenomena elektroporasi ini berlangsung di membran sel. Protein membran yang bermuatan negatif mengalami denaturasi. Denaturasi protein khususnya terjadi di sekitar lokasi *cell pores* dan *gates* (lokasi pompa natrium, pompa kalsium, dan kanal kalium). Protein-protein pada membran sel ini kehilangan struktur tiga dimensinya, mengalami distorsi atau membentuk pori-pori intramembran, sehingga komponen intrasel dengan mudah bercampur dengan komponen ekstrasel. Proses ini berlangsung sangat cepat, sehingga apabila tidak ditangani segera, maka akan menyebabkan kematian sel (Moenadjat, 2009). Oleh karena itu, proses elektroporasi diduga dapat menjadi penyebab persentase trombus pada jarak 2 cm dari luka masuk lebih besar daripada jarak 1 cm dari luka masuk. Proses ini juga diduga sebagai salah satu penyebab tidak signifikannya perbedaan persentase trombus.

Pada penelitian ini juga tidak didapatkan perbedaan persentase trombus yang signifikan secara statistik di luka masuk, 1 cm dari luka masuk, dan 2 cm dari luka masuk yang terjadi pada hari ke-0, ke-3, ke-7, dan ke-10. Namun, pada hasil penelitian didapatkan data bahwa pada jarak 0 cm dan 1 cm dari luka masuk didapatkan persentase trombus meningkat pada hari ke-3 dan mengalami penurunan pada hari ke-7, kemudian kembali meningkat pada hari ke-10. Hal ini berbeda pada jarak 2 cm dari luka masuk yang mana persentase trombus meningkat sampai hari ke-7 dan menurun di hari ke-10. Peningkatan persentase trombus seiring berjalannya waktu didukung oleh teori *progressive tissue necrosis* pada *electric injury*. Sedangkan penurunan persentase trombus di hari tertentu dapat

terjadi karena beberapa proses akhir trombus.

Penurunan persentase trombus di hari tertentu dapat terjadi karena beberapa proses akhir trombus. Proses akhir trombus yang pertama adalah *embolisasi*. Pada kejadian ini, trombus dapat terlepas dan diangkut ke tempat lain di dalam pembuluh darah. Pada penelitian yang dilakukan oleh Carmeliet *et al.* pada tahun 1997 ditemukan adanya trombus 2 jam setelah paparan listrik secara langsung pada arteri dengan arus sebesar 160 μ A selama 2 detik, kemudian trombus diduga mengalami emboli setelah 2 hari. Hal ini sedikit berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti. Pada penelitian ini, kemungkinan trombus mengalami emboli terjadi di hari ke-7. Perbedaan hari dengan penelitian sebelumnya dapat disebabkan oleh metode yang digunakan, dimana pada penelitian sebelumnya dilakukan paparan listrik secara langsung pada arteri, sedangkan peneliti hanya memaparkan listrik pada kulit tikus yang di bawahnya terdapat arteri yang akan diamati. Proses akhir trombus kedua yang bisa menjadi penyebab dari penurunan persentase trombus adalah *dissolusi*. Pada kasus ini, trombus menghilang karena aktivitas dari fibrinolitik. Selain itu trombus juga dapat bergabung ke dalam dinding vaskuler yang menebal (Abbas *et al.*, 2015; Carmeliet *et al.*, 1997). Proses-proses akhir trombus tersebut selain menjadi penyebab penurunan persentase trombus, juga diduga menjadi faktor mengapa pada penelitian ini tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada persentase trombus.

Pada penelitian ini terdapat beberapa kelemahan. Kelemahan yang pertama adalah pemilihan jarak pada sampel dengan interval terlalu besar, sehingga mengakibatkan kemungkinan trombus tidak terikut dalam pembuatan preparat semakin besar.

Kelemahan kedua adalah pembuluh darah yang diamati terlalu kecil, sehingga peneliti sangat sulit mengidentifikasi trombus pada pembuluh darah secara makroskopis.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini didapatkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik pada gambaran histopatologi pembuluh darah, khususnya trombus pasca paparan listrik berdasarkan jarak luka masuk di hari ke-0, ke-3, ke-7, dan ke-10.

Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan penelitian dengan penggunaan sampel pembuluh darah yang lebih panjang dan besar, serta pengambilan interval jarak yang lebih sempit. Selain itu juga perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai sejauh mana trombus berlangsung dari luka masuk dengan menggunakan analisis data regresi linear dengan minimal lima titik pengambilan sampel pembuluh darah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, AK., Aster, JC., Kumar, V., (2015), Buku Ajar Patologi Robbins 9th ed. Singapura: Elsevier.
- Adnyana, I. M. S., dan I. D. Saputro. (2017) Dosis Efektis Enoxaparin dalam Mencegah Terjadinya Trombosis pada Anastomosis Arteri Femoralis Tikus. *Jurnal Bedah Nasional*, vol.1(2), pp.34-38.
- Aghakhani, K., Heidari, MS., Tabatabaee, M., Abdolkarimi L., (2014), Effect of Current Pathway on Mortality and Morbidity in Electrical Burn Patients, *J. of Burn*, vol.41(1), pp.172-6.
- Carmeliet, PL., Moons, JM., Stassen, MD., Moi, A., Bouche, JJVD., *et al.*, (1997), Vascular Wound Healing and Neointima Formation Induced by Perivascular Electric Injury in Mice. *American J. of Pathol.*, vol.2(150), pp.761-76.

- Daley, BJ., (2017), *Electrical Injuries Treatment & Management*, Diakses pada Oktober 2017, <http://emedicine.medscape.com/article/433682-treatment#d10>.
- Fish, RM., (2000), Electric Injury, Part II: Specific Injuries, *J. of Emergency Med.*, vol.18(1), pp.27-34.
- Kalkan, T., M.Demir, AS., MS. Ahmed., S. Yazar, S., *et al.*, (2004), A Dynamic Study of the Thermal Components in Eletrical Injury Mechanism for Better Understanding and Managemnet of Electric Trauma: An Animal Model, *J. of Burn*, vol. 30, pp.334-40.
- Karimi, H., M. Momeni, dan M. Vasigh. (2015) Long Term Outcome and Follow Up of Electrical Injury. *Journal of Acute Disease*. (2015): pp.107-111.
- Liu, H., Q. Wang, Z. Zhao, Y. Xie, S. Ding, dan Z. Wang. (2016) The Clinical and Medicolegal Analysis of Electrical Shocked Rats: Based on the Serological and Histlogical Methods. *Biomed Research International*. (2016): pp.1-12.
- Martina, N. R., dan A. Wardhana. (2013) Mortality Analysis of Adult Burn Patients. *Jurnal Plastik Rekonstruksi*. 2(2): pp.96-100.
- Moenadjat, Y. (2009) Luka Bakar: Masalah dan Tatalaksana. 4rd ed. Jakarta: Balai Penerbit Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.
- Schulze, C., M. Peter, W. Baumgartner, dan P. Wohlsein. (2016) Electrical Injuries in Animals: Causes, Pathogenesis, and Morphological Findings. *Journal of Veterinary Pathology*. 53(5): pp.1018-1029.
- Tayfur, V., A. Barutcu, Y. Bardakci, C. Ozogul, D. Tayfur, dan K. Yorukoglu. (2011) Vascular Pathological Changes in Rat Lower Extremity and Timing of Microsurgery After Electrical Trauma. *Journal of Burn Care & Research*. 32(3): pp.74-81.