



**ANALISIS MORFOLOGI DAN JUMLAH ERITROSIT TIKUS
PASCA PAPARAN LISTRIK**

SKRIPSI

Oleh

**Hilda Nur Achfidawati
NIM 142010101012**

**FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**ANALISIS MORFOLOGI DAN JUMLAH ERITROSIT TIKUS
PASCA PAPAN LISTRIK**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Kedokteran (S-1)
Fakultas Kedokteran Universitas Jember

Oleh

Hilda Nur Achfidawati
NIM 142010101012

**FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada saya, serta Nabi Muhammad SAW yang senantiasa menjadi panutan untuk kita semua;
2. Ayah saya Chairul Achfa, S.H dan Ibu saya Yayuk Fatmawati S. Sos yang telah memberikan doa tiada henti, kasih sayang dan restu selama ini;
3. Kakakku tersayang Muhammad Fikri Fachriyansah S.Kh yang senantiasa memberi saran dan dukungan tiada henti, serta memberi motivasi dan semangat tiada henti;
4. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi yang telah mendidik, memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran;
5. Almamater Fakultas Kedokteran Universitas Jember;
6. Teman-teman seperjuanganku “ELIXIR” angkatan 2014 Fakultas Kedokteran Universitas Jember.

MOTTO

Sesungguhnya setelah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai dari suatu urusan, kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain, dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.

(terjemahan Surah Al-Insyirah ayat 6-8)*)



*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2007. *Al-Qur'an Al-Karim dan Terjemahan Makna ke Dalam Bahasa Indonesia*. Bogor: Sygma.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hilda Nur Achfidawati

NIM : 142010101012

menyatakan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Morfologi dan Jumlah Eritrosit Tikus Pasca Paparan Listrik” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 Januari 2018

Yang menyatakan,

Hilda Nur Achfidawati

NIM. 142010101012

SKRIPSI

**ANALISIS MORFOLOGI DAN JUMLAH ERITROSIT TIKUS
PASCA PAPARAN LISTRIK**

Oleh:

Hilda Nur Achfidawati

NIM 142010101012

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : dr. Ulfa Elfiah, M. Kes., Sp.BP-RE

Dosen Pembimbing Anggota : dr. Elly Nurus Sakinah, M.Si

PENGESAHAN

Karya ilmiah Skripsi berjudul “Analisis Morfologi dan Jumlah Eritrosit Tikus Pasca Paparan Listrik” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Kedokteran Universitas Jember pada :

hari, tanggal : Rabu, 17 Januari 2018

tempat : Fakultas Kedokteran Universitas Jember

Tim Penguji:

Penguji I,

dr. Rini Riyanti, Sp. PK
NIP 19720328 199903 2 001

Penguji III,

dr. Ulfa Elfiah, M. Kes., Sp.BP-RE
NIP 19760719 200112 2 001

Penguji II,

dr. Heni Fatmawati, M. Kes., Sp.Rad
19760212 200501 2 001

Penguji IV,

dr. Elly Nurus Sakinah, M.Si
NIP 19840916 200801 2 003

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Jember

dr. Enny Suswati, M.Kes
NIP 197002141999032001

RINGKASAN

Analisis Morfologi dan Jumlah Eritrosit Tikus Pasca Paparan Listrik; Hilda Nur Achfidawati, 142010101012; 2018; 79 halaman; Fakultas Kedokteran Universitas Jember.

Luka bakar listrik berbeda dengan luka bakar lainnya karena memiliki mortalitas dan morbiditas yang tinggi serta menimbulkan berbagai macam komplikasi. Komplikasi yang timbul pada pasien luka bakar listrik disebabkan oleh adanya fenomena *progressive tissue necrosis* atau kerusakan jaringan yang luas dalam beberapa hari yang sulit diperkirakan luasnya. *Progressive tissue necrosis* salah satunya disebabkan oleh trombus yang dapat diperparah oleh berbagai macam hal, salah satunya adalah perubahan morfologi eritrosit. Pasien luka bakar, khususnya luka bakar derajat berat diketahui mengalami perubahan morfologi eritrosit yakni ditemukannya fragmentosit, *tear drops* sel, target sel, stomatosit, ekinosit, sferosit, dan mikrosit. Selain dapat memperparah terjadinya trombus, perubahan morfologi eritrosit dapat menyebabkan gangguan oksigenasi jaringan yang menyebabkan terjadinya hipoksia. Mengingat perubahan morfologi eritrosit yang berperan dalam patofisiologi luka bakar, maka perlu dilakukan tindakan untuk mengatasi perubahan morfologi eritrosit pada pasien luka bakar. Sebuah penelitian yang dilakukan di New York menunjukkan bahwa pemberian albumin dapat mengembalikan eritrosit ke bentuk normalnya pasca dipanaskan sampai suhu 48 derajat celsius. Dengan mengetahui perubahan morfologi eritrosit selama beberapa hari pasca luka bakar listrik dapat menjadi masukan bagi para klinisi dalam menentukan kapan sebaiknya pemberian albumin dilakukan. Selain mengalami perubahan morfologi eritrosit, pada pasien luka bakar juga terjadi penurunan jumlah eritrosit di sirkulasi. Penurunan jumlah eritrosit ini disebabkan oleh berbagai macam hal, diantaranya yaitu efek langsung pemanasan pada eritrosit, perdarahan dan stasis pada area luka bakar, anemia hemolitik, dan perdarahan pada saluran cerna. Mengetahui penurunan jumlah eritrosit membuat rencana penanganan syok lebih mudah.

Tujuan penelitian ini adalah mengamati dan menganalisis gambaran morfologi dan jumlah eritrosit tikus pasca paparan listrik sebesar 140 V selama 17 detik. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental sebenarnya (*true experimental laboratories*) dengan rancangan penelitian *post test only control group design*. Sampel penelitian yang digunakan yaitu 24 ekor tikus yang terdiri atas satu kelompok kontrol dan lima kelompok perlakuan. Kelompok perlakuan terdiri atas kelompok P1, P2, P3, P4, dan P5 yang dibedakan berdasarkan hari pengambilan sampel darah yakni hari ke-0, 3, 7, 10, dan 14 pasca paparan listrik sebesar 140 V selama 17 detik.

Data hasil penelitian berupa jumlah eritrosit tikus yang kemudian dianalisis dengan uji *One Way Anova* dan morfologi eritrosit yang berupa bentuk, ukuran, dan warna eritrosit yang dinilai paling sedikit pada 1000 eritrosit lalu disajikan dalam bentuk persen dan dianalisis deskriptif. Hasil uji hipotesis menunjukkan bahwa tidak terdapat perubahan signifikan pada perubahan jumlah eritrosit tikus pasca paparan listrik sebesar 140 V selama 17 detik ($p=0,110$). Hasil analisis deskriptif morfologi eritrosit tikus menunjukkan bahwa terjadi perubahan morfologi eritrosit tikus pasca paparan listrik sebesar 140 V selama 17 detik yakni dari segi bentuk ditemukan lebih banyak fragmentosit, mikrosit, *tear drops*, stomatosit, dan target sel, dari segi ukuran ditemukan lebih banyak mikrosit, dan dari segi warna ditemukan lebih banyak eritrosit hipokrom.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Morfologi dan Jumlah Eritrosit Tikus Pasca Paparan Listrik”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Fakultas Kedokteran Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. dr. Enny Suswati, M.Kes selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Jember;
2. dr. Ulfa Elfiah, M. Kes., Sp.BP-RE selaku Dosen Pembimbing Utama dan dr. Elly Nurus Sakinah, M.Si selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga dalam proses penyusunan skripsi ini;
3. dr. Rini Riyanti, Sp.PK dan dr. Heni Fatmawati, M. Kes., Sp.Rad, selaku dosen penguji yang banyak memberikan kritik, saran, dan masukan membangun dalam penulisan skripsi ini;
4. dr. Desie Dwi Wisudanti, M.Biomed selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;
5. Analis Laboratorium Biomedik Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember, Mas Agus Murdojohadi, Amd. dan Analis Laboratorium Patologi Klinik Fakultas Kedokteran Universitas Jember, Sony Kristianningrum, Amd. atas bantuan, dukungan dan kerjasama serta masukan selama penelitian ini;
6. Orang tua saya tercinta, Bapak Chairul Achfa dan Ibu Yayuk Fatmawati yang selalu memberikan bimbingan, kasih sayang, dan doa tiada henti, serta pengorbanan yang dilakukan setiap waktu;
7. Kakak saya Mochammad Fikri Fachriyansah yang selalu memberikan saya semangat yang memotivasi saya;

8. Teman seperjuangan saya Fransiska Nooril Firdhausi, Annisa Sarfina Djunaedy dan Brilliant Givya Ariansari, yang selalu saling memberi semangat selama penelitian;
9. Keluarga besar angkatan 2014 Elixir Fakultas Kedokteran Universitas Jember;
10. Almamater Fakultas Kedokteran Universitas Jember;
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 17 Januari 2017

Penulis

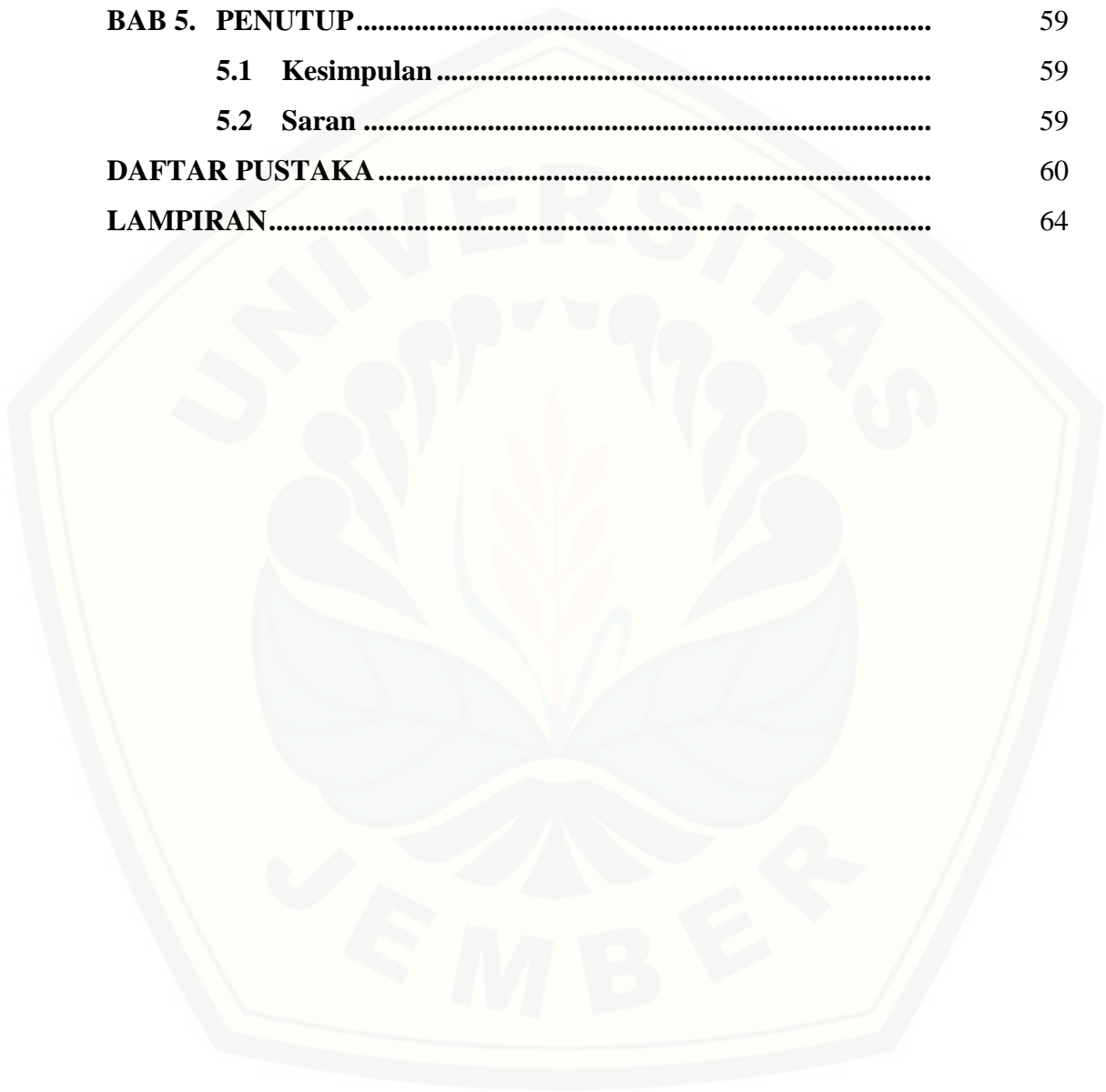
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
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	4
1.4.1 Manfaat Teoritis	4
1.4.2 Manfaat Aplikatif	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Listrik	5
2.1.1 Definisi	5
2.1.2 Jenis Arus Listrik	5
2.1.3 Konduktivitas Listrik	5
2.1.4 Hukum-hukum Kelistrikan.....	6
2.2 Luka Bakar	7

2.2.1	Definisi	7
2.2.2	Pengelompokan Luka Bakar Berdasarkan Kronologi Perjalanan	10
2.3	Luka Bakar Listrik	11
2.3.1	Definisi	11
2.3.2	Faktor yang Mempengaruhi Luka Bakar Listrik.	11
2.3.3	Patofisiologi Luka Bakar Listrik	14
2.3.4	Efek Listrik pada Pembuluh Darah	15
2.4	Eritrosit	16
2.4.1	Eritrosit	16
2.4.2	Fungsi Eritrosit	16
2.4.3	Kelainan Morfologi Eritrosit	17
2.5	Trombus	20
2.5.1	Jejas Endotel	20
2.5.2	Perubahan pada Aliran Darah Normal	20
2.5.3	Hiperkoagulabilitas	21
2.6	Kerangka Teori	22
2.7	Kerangka Konseptual	24
2.8	Hipotesis Penelitian	24
BAB 3.	METODE PENELITIAN	25
3.1	Jenis Penelitian	25
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.3	Populasi dan Sampel Penelitian	25
3.4	Rancangan Penelitian	26
3.5	Variabel Penelitian	28
3.5.1	Variabel Bebas	28
3.5.2	Variabel Terikat	28
3.5.3	Variabel Terkendali	28
3.6	Definisi Operasional	28
3.6.1	Paparan Listrik	28
3.6.2	Waktu Pengambilan Sampel Darah	29

3.6.3	Gambaran Morfologi Eritrosit	29
3.6.4	Jumlah Eritrosit	30
3.7	Alat dan Bahan Penelitian.....	30
3.7.1	Pembuatan Alat Setrum.....	30
3.7.2	Perawatan dan Perlakuan Hewan Coba.....	30
3.7.3	Pemberian Anestesi Hewan Coba	31
3.7.4	Pemberian Paparan Listrik	31
3.7.5	Perawatan Luka Hewan Coba	31
3.7.6	Pengambilan Sampel Darah	31
3.7.7	Pembuatan dan Pewarnaan Preparat	31
3.7.8	Pengamatan Morfologi Eritrosit.....	31
3.7.9	Pemeriksaan Jumlah Eritrosit.....	31
3.8	Prosedur Penelitian.....	32
3.8.1	<i>Ethical Clearance</i>	32
3.8.2	Pemilihan Sampel Hewan Coba.....	32
3.8.3	Persiapan Sampel Hewan Coba	32
3.8.4	Perlakuan Hewan Coba	32
3.8.5	Pemberian Anestesi.....	33
3.8.6	Pemaparan Terhadap Arus Listrik	33
3.8.7	Perawatan Luka.....	34
3.8.8	Pengambilan Sampel Darah Hewan Coba	34
3.8.9	Penghitungan Jumlah Eritrosit	34
3.8.10	Pembuatan Sediaan Apusan Darah Tepi (SADT)	36
3.8.11	Pengamatan Morfologi Eritrosit.....	36
3.9	Analisis Data	37
3.10	Alur Penelitian.....	38
3.11	Uji Kelayakan Etik.....	38
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1	Hasil Penelitian.....	40
4.1.1	Pengamatan Jumlah Eritrosit Tikus Wistar.....	40
4.1.2	Pengamatan Morfologi Eritrosit Tikus Wistar....	42

4.2 Analisis Data	53
4.3 Pembahasan	53
4.3.1 Jumlah Eritrosit Tikus Wistar	53
4.3.2 Perubahan Morfologi Eritrosit	56
BAB 5. PENUTUP	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	64



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Pengaruh besar arus terhadap jaringan tubuh	13
4.1 Rata-rata hasil pengukuran jumlah eritrosit tikus.....	41
4.2 Persentase penurunan jumlah eritrosit tikus	41
4.3 Rata-rata persentase bentuk eritrosit yang diamati per 1000 eritrosit.....	44
4.4 Rata-rata persentase ukuran eritrosit yang diamati per 1000 eritrosit.....	44
4.5 Rata-rata persentase warna eritrosit yang diamati per 1000 eritrosit.....	44
4.6 Hasil uji <i>Shapiro Wilk</i>	53

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Rumus Sembilan.....	10
2.2 Konduksi dan resistensi berbagai jaringan	14
2.3 Morfologi eritrosit abnormal	18
2.4 Kerangka Teori	22
2.5 Kerangka Konseptual	24
3.1 Skema rancangan penelitian	27
3.2 Alur Penelitian.....	38
4.1 Luka bakar pada tikus pasca paparan listrik sebesar 140 V selama 17 detik	40
4.2 Grafik persentase penurunan jumlah eritrosit tikus.....	42
4.3 Gambaran morfologi eritrosit kelompok kontrol yang diamati dengan mikroskop cahaya dengan pembesaran 1000x yang diamati dengan bantuan minyak emersi	43
4.4 Gambaran morfologi eritrosit kelompok P1 yang diamati dengan mikroskop cahaya dengan pembesaran 1000x yang diamati dengan bantuan minyak emersi	45
4.5 Gambaran morfologi eritrosit kelompok P2 yang diamati dengan mikroskop cahaya dengan pembesaran 1000x yang diamati dengan bantuan minyak emersi	47
4.6 Gambaran morfologi eritrosit kelompok P3 yang diamati dengan mikroskop cahaya dengan pembesaran 1000x yang diamati dengan bantuan minyak emersi	49
4.7 Gambaran morfologi eritrosit kelompok P4 yang diamati dengan mikroskop cahaya dengan pembesaran 1000x yang diamati dengan bantuan minyak emersi	51
4.8 Gambaran morfologi eritrosit kelompok P5 yang diamati dengan mikroskop cahaya dengan pembesaran 1000x yang diamati dengan bantuan minyak emersi	52

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
3.1 <i>Ethical Clearance</i>	64
4.1 Jumlah Eritrosit Masing-masing Sampel Oleh Dua Penghitung ..	66
4.2 Persentase Bentuk Eritrosit Masing-masing Sampel Oleh Penghitung Satu	67
4.3 Persentase Bentuk Eritrosit Masing-masing Sampel Oleh Penghitung Dua	68
4.4 Rata-rata Persentase Bentuk Eritrosit Masing-masing Sampel Oleh Dua Penghitung.....	69
4.5 Persentase Ukuran Eritrosit Masing-masing Sampel Oleh Dua Penghitung.....	70
4.6 Rata-rata Persentase Ukuran Eritrosit Masing-masing Sampel Oleh Dua Penghitung.....	71
4.7 Persentase Warna Eritrosit Masing-masing Sampel Oleh Dua Penghitung	72
4.8 Rata-rata Persentase Warna Eritrosit Masing-masing Sampel Oleh Dua Penghitung.....	73
4.9 Hasil Analisis Statistik.....	74
4.10 Dokumentasi Penelitian	78

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Luka bakar merupakan masalah kesehatan yang menyebabkan 265.000 kematian tiap tahunnya, bahkan pada tahun 2004 terjadi sekitar sebelas juta kasus luka bakar yang memerlukan perawatan di rumah sakit yang tersebar di berbagai belahan dunia. Dari berbagai macam penyebab luka bakar, 4% diantaranya disebabkan oleh luka bakar listrik (WHO, 2016). Di Indonesia, data mengenai angka kejadian luka bakar, khususnya luka bakar listrik masih sedikit karena tidak semua rumah sakit memiliki unit luka bakar.

Luka bakar listrik memiliki angka mortalitas dan morbiditas yang tinggi meskipun angka kejadiannya hanya sebesar 4% dari keseluruhan angka kejadian luka bakar (Moenadjat, 2011; Koumbourlis, 2002). Sebuah penelitian yang dilakukan di Iran menunjukkan bahwa pasien luka bakar listrik mengalami penurunan kualitas hidup, hanya 5% pasien yang mampu melakukan aktivitas sehari-hari mereka, sedangkan 6,3% pasien mengalami disabilitas total (Karimi *et al.*, 2015). Luka bakar listrik juga diketahui menyebabkan berbagai macam komplikasi. Dalam sebuah penelitian yang dilakukan di Texas, disebutkan bahwa 41% pasien luka bakar harus diamputasi dan 72% pasien lainnya harus menjalani *fasciotomy* (Cancio *et al.*, 2005). Sebuah studi kasus yang dilakukan di Turki melaporkan mengenai seorang anak laki-laki berusia lima tahun yang mengalami *cardiac trombus* setelah terpapar listrik tegangan tinggi (Akin *et al.*, 2015). Studi kasus yang tercatat di India melaporkan bahwa seorang pria usia 55 tahun mengalami *vertebrobasilar ischemic stroke* yang terjadi dua minggu pasca terpapar listrik tegangan tinggi (Jain *et al.*, 2014). Komplikasi pada mata tercatat pada studi kasus di China yakni seorang pria usia 47 tahun mengalami penurunan tajam penglihatan pada kedua matanya pasca terpapar listrik 10.000 volt (Wu *et al.*, 2016).

Berbagai macam komplikasi luka bakar listrik tersebut terutama disebabkan oleh terbentuknya trombus pada pembuluh darah yang pada akhirnya menyebabkan terganggunya sirkulasi sehingga mengakibatkan iskemik jaringan

yang disuplai hingga nekrosis (Noer *et al.*, 2006). Apabila tidak segera ditangani kemudian akan terjadi gangguan sirkulasi pada daerah proksimal trauma sehingga menyebabkan kerusakan luas dalam beberapa hari atau disebut sebagai *progressive tissue necrosis* yang merupakan tanda patognomonik untuk kerusakan jaringan karena gangguan vaskularisasi akibat luka bakar listrik (Moenadjat, 2011; Robson *et al.*, 1984; Zelt *et al.*, 1986).

Terdapat beberapa hal yang dapat mempengaruhi terbentuknya trombus, salah satunya adalah perubahan morfologi eritrosit yang dapat terjadi karena berbagai macam hal, contohnya adalah pemanasan langsung pada eritrosit yang dapat terjadi pada pasien luka bakar (Litvinov dan Weisel, 2016; Endoh *et al.*, 1992). Pasien luka bakar, khususnya luka bakar derajat berat diketahui mengalami perubahan morfologi eritrosit yakni ditemukannya fragmentosit, *tear drops* sel, target sel, stomatosit, ekinosit, sferosit, dan mikrosit (Lioka *et al.*, 2015; Ham, 1948; Zaets *et al.*, 2003; Lawrence dan Atac, 1992). Selain dapat memperparah terjadinya trombus, perubahan morfologi eritrosit dapat menyebabkan gangguan oksigenasi jaringan yang menyebabkan terjadinya hipoksia (Baar, 1979). Hal ini disebabkan oleh bentuk normal eritrosit yaitu bikonkav diperlukan untuk difusi gas masuk dan keluar sitoplasma serta memberikan fleksibilitas bagi eritrosit dalam melintasi mikrosirkulasi sehingga perubahan morfologi eritrosit berkontribusi pada terjadinya hipoksia (Porwit *et al.*, 2011). Penelitian yang dilakukan oleh Epstein *et al* (1963) menyatakan bahwa hipoksia sering terjadi pada pasien luka bakar, bahkan hipoksia dapat mengubah luka bakar *partial thickness* menjadi *full thickness skin loss* (Zawacki, 1974). Mengingat perubahan morfologi eritrosit yang berperan dalam patofisiologi luka bakar, maka perlu dilakukan tindakan untuk mengatasi perubahan morfologi eritrosit pada pasien luka bakar. Sebuah penelitian yang dilakukan di New York menunjukkan bahwa pemberian albumin dapat mengembalikan eritrosit ke bentuk normalnya pasca dipanaskan sampai suhu 48 derajat celcius (Ponder, 1948). Dengan mengetahui perubahan morfologi eritrosit selama beberapa hari pasca luka bakar listrik dapat menjadi masukan bagi para klinisi dalam menentukan kapan sebaiknya pemberian albumin dilakukan. Secara teori, kerusakan pembuluh darah dan komponen darah

pada luka bakar dan luka bakar listrik adalah hampir sama karena pada kedua jenis luka bakar kerusakan disebabkan oleh adanya efek pemanasan. Namun kerusakan yang ditimbulkan oleh luka bakar listrik lebih parah karena arus listrik mengalir langsung pada pembuluh darah (Rouse dan Dimick, 1978).

Selain mengalami perubahan morfologi eritrosit, pada pasien luka bakar juga terjadi penurunan jumlah eritrosit di sirkulasi (Endoh *et al.*, 1992). Penurunan jumlah eritrosit ini disebabkan oleh berbagai macam hal, diantaranya yaitu efek langsung pemanasan pada eritrosit, perdarahan dan stasis pada area luka bakar, anemia hemolitik, dan perdarahan pada saluran cerna. Mengetahui penurunan jumlah eritrosit membuat rencana penanganan syok lebih mudah. Hal ini disebabkan oleh hematokrit, yang jumlahnya ditentukan oleh perubahan jumlah eritrosit merupakan petunjuk yang berguna untuk memberikan infus koloid. Mengetahui penurunan jumlah eritrosit juga penting sebab penurunan jumlah eritrosit yang mencapai 20% sebaiknya diganti dengan transfusi darah (Topley *et al.*, 1962).

Sejauh ini, berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan oleh penulis, penelitian mengenai perubahan morfologi dan jumlah eritrosit pada luka bakar akibat listrik belum pernah dilakukan. Mengingat perubahan morfologi eritrosit yang berperan dalam pembentukan trombus serta penurunan jumlah eritrosit yang berperan dalam menentukan rencana penanganan syok, pemberian infus koloid, dan pemberian transfusi darah maka peneliti merasa perlu untuk melakukan penelitian di tingkat laboratorium mengenai luka bakar akibat listrik. Oleh karenanya, pada penelitian kali ini peneliti akan mengamati dan menganalisis gambaran morfologi dan jumlah eritrosit tikus pasca paparan listrik.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan yaitu, apakah terjadi perubahan morfologi dan jumlah eritrosit tikus pasca paparan listrik sebesar 140 V selama 17 detik?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan penelitian secara umum adalah untuk mengamati dan menganalisis gambaran morfologi dan jumlah eritrosit tikus pasca paparan listrik sebesar 140 V selama 17 detik.

1.3.2 Tujuan Khusus

- a. Untuk mengamati dan membandingkan gambaran morfologi eritrosit tikus pada hari ke-0, 3, 7, 10, dan 14 pasca paparan listrik sebesar 140 V selama 17 detik.
- b. Untuk mengamati dan membandingkan jumlah eritrosit tikus pada hari ke-0, 3, 7, 10, dan 14 pasca paparan listrik sebesar 140 Volt selama 17 detik.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah, dan tujuan penelitian, maka penelitian ini memiliki manfaat teoritis dan aplikatif.

1.4.1 Manfaat Teoritis

Sebagai informasi ilmiah mengenai gambaran morfologi dan jumlah eritrosit tikus pasca paparan listrik serta kaitannya dengan patofisiologi luka bakar listrik.

1.4.2 Manfaat Aplikatif

Sebagai dasar pertimbangan bagi klinisi untuk tatalaksana luka bakar listrik terutama dalam pemberian serum albumin, penentuan rencana penanganan syok, pemberian infus koloid, dan pemberian transfusi.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Listrik

2.1.1 Definisi

Listrik merupakan kondisi partikel subatomik tertentu yaitu proton dan elektron yang menyebabkan penarikan dan penolakan gaya diantaranya. Arus listrik adalah aliran elektron dari titik yang mempunyai tegangan potensial tinggi menuju potensial rendah melalui suatu penghantar listrik (konduktor). Saat muatan listrik bergerak dari titik potensial tinggi ke potensial rendah, energi potensialnya diubah ke dalam berbagai bentuk energi lain yang berguna bagi kehidupan manusia (Pudjiastuti, 2009). Dalam alirannya melalui suatu konduktor, elektron mengalami tahanan dari bahan yang dilewatinya sehingga gerakan elektron berkurang. Hambatan suatu konduktor terhadap aliran muatan disebabkan oleh benturan yang terjadi antara elektron-elektron yang bergerak dengan atom-atom stasioner. Hambatan listrik dinyatakan dengan satuan Ohm (Ω) (Cromer, 1994).

Kuat arus adalah kecepatan pemindahan elektron dalam waktu tertentu yang dinyatakan dalam satuan Ampere (A). Untuk dapat mengalir, elektron memerlukan suatu penggerak yang disebut Gaya Gerak Listrik atau Tegangan yang dinyatakan dalam satuan Volt (V) (Pudjiastuti, 2009).

2.1.2 Jenis Arus Listrik

Terdapat dua jenis arus listrik, yakni arus bolak-balik (*alternating current*) atau disebut dengan arus AC dan arus satu arah (*direct current*) atau disebut dengan arus DC. Arus AC merupakan energi listrik yang mengalami proses osilasi yang terdiri dari dua arah pada konduktor. Frekuensi arus AC dinyatakan dalam satuan Hertz atau siklus per detik (Moenadjat, 2011).

2.1.3 Konduktivitas Listrik

Konduktivitas listrik atau daya hantar listrik adalah ukuran kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik. Lawan dari konduktivitas listrik

adalah resistivitas listrik. Konduktivitas listrik dalam suatu cairan dipengaruhi oleh keberadaan ion-ion terlarut yang disebut dengan elektrolit. Konduktivitas elektrolit dalam suatu cairan dipengaruhi oleh konsentrasi ion, mobilitas ion, status oksidasi, dan temperatur cairan (Light *et al.*, 2004).

Kemampuan cairan dalam menghantarkan listrik disebabkan oleh ion-ion yang terkandung di dalamnya. Ion tersebut dihasilkan dari proses pelarutan (disosiasi) garam dalam air. Tiap ion memiliki kemampuan membawa muatan listrik dalam jumlah tertentu sehingga semakin banyak ion yang terkandung dalam suatu larutan garam, semakin banyak muatan dan arus listrik yang dialirkan (Light *et al.*, 2004)

Kemampuan cairan dalam menghantarkan listrik juga dipengaruhi oleh suhu. Semakin tinggi suhu cairan, semakin rendah kemampuannya dalam menghantarkan arus listrik. Hal ini dipengaruhi oleh ion Hidrogen (H⁺) dan ion *Hydroxide* (OH⁻). Peningkatan suhu menyebabkan mobilitas ion-ion tersebut terhambat. Setiap kenaikan suhu sebesar 10°C menyebabkan penurunan hantaran listrik sekitar 2% (Light *et al.*, 2004).

2.1.4 Hukum-hukum Kelistrikan

Biolistrik merupakan fenomena kelistrikan pada makhluk hidup. Sel-sel mampu menghasilkan potensial listrik yang merupakan lapisan tipis muatan positif pada permukaan luar dan lapisan tipis muatan negatif pada permukaan dalam membran sel (Light *et al.*, 2004).

Terdapat beberapa hukum atau rumus yang berkaitan dengan biolistrik (Gabriel, 1996; Guyton dan Hall, 2007). Hukum Ohm menyatakan bahwa perbedaan potensial antara ujung konduktor berbanding langsung dengan arus yang melewati dan berbanding terbalik dengan tahanan dari konduktor. Bila dinyatakan dalam rumus adalah sebagai berikut:

$$I=V/R$$

Keterangan:

R: Tahanan (Ω)

I: Kuat Arus (A)

V: Tegangan (V)

Hukum joule menyatakan bahwa arus listrik yang melewati konduktor dengan perbedaan tegangan dan dalam waktu tertentu akan menimbulkan panas.

Hal ini dinyatakan dalam rumus:

$$H=V.I.T/J \text{ atau } H=I^2.R.T$$

Keterangan:

H: Energi panas yang ditimbulkan (Kalori)

V: Tegangan Listrik (V)

I: Kuat Arus (A)

T: Waktu (s)

J: Joule, dimana 1 Joule = 0,239 Kalori

R: Tahanan (Ω)

Joule effect digunakan untuk menghitung kerusakan jaringan pada pasien luka bakar listrik. Hal ini dinyatakan dalam rumus:

$$J=V.R.T$$

Keterangan:

J: Joule

V: Tegangan Listrik (V)

R: Tahanan (Ω)

T: Waktu (s)

2.2 Luka Bakar

2.2.1 Definisi

Luka bakar merupakan suatu bentuk kerusakan atau kehilangan jaringan yang disebabkan oleh kontak dengan sumber panas seperti api, air panas, bahan kimia, listrik, dan radiasi. Luka bakar memiliki mortalitas dan morbiditas yang tinggi. Sekitar 2 juta orang menderita luka bakar di Amerika Serikat setiap tahunnya (Syamsuhidajat dan De Jong, 2004).

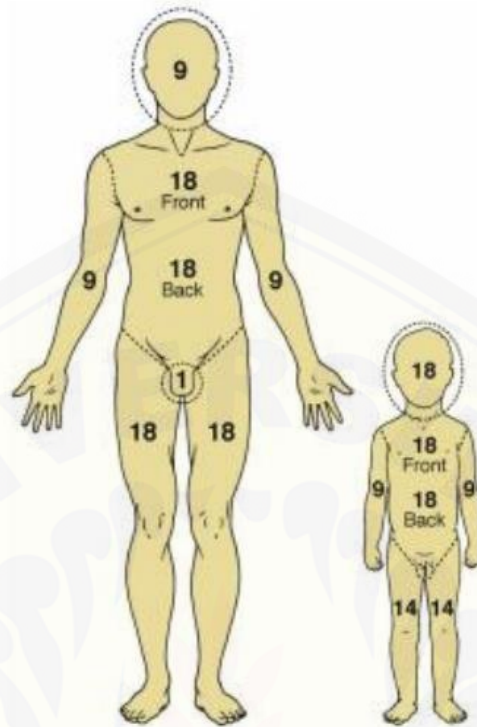
a. Klasifikasi Berdasarkan Derajat dan Kedalaman Luka Bakar

- 1) Derajat I (*superficial*) hanya terjadi di permukaan kulit (epidermis). Pada luka bakar derajat I kulit tampak kemerahan, nyeri dan dapat ditemukan *bulla*. Luka bakar ini biasanya sembuh dalam waktu 3 hingga 6 hari dan tidak menimbulkan jaringan parut (Barbara *et al.*, 2013). Perawatan luka bakar derajat I tidak perlu dibalut, cukup dengan pemberian salep antibiotik untuk mengurangi rasa sakit dan melembabkan kulit. Obat-obatan NSAID (*Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs*) seperti ibuprofen dan acetaminophen dapat diberikan untuk mengurangi rasa sakit dan pembengkakan (Holmes dan Heimbach, 2005).
- 2) Derajat II (*partial thickness*) melibatkan semua lapisan epidermis dan sebagian dermis. Pada luka bakar derajat II ditemukan *bulla*, warna kulit kemerahan, sedikit edem, dan nyeri berat. Dengan penanganan yang baik, luka bakar derajat II dapat sembuh dalam 7 hingga 20 hari dan akan timbul jaringan parut (Barbara *et al.*, 2013). Luka bakar derajat ini perlu diolesi salep antibiotik, kemudian dibalut dengan perban katun dan perban elastik. Luka juga dapat ditutup dengan penutup luka sementara yang terbuat dari bahan alami (*Xenograft (pig skin)*) atau *Allograft (homograft, cadaver skin)*) atau bahan sintetis (*opside, biobrane, transcyte, integra*) (Holmes dan Heimbach, 2005).
- 3) Derajat III (*full thickness*) melibatkan kerusakan semua lapisan kulit, termasuk tulang, tendon, saraf, dan jaringan otot. Kulit tampak kering dan dapat ditemukan *bulla* berdingding tipis dengan tampilan luka yang beragam yakni berwarna putih, merah terang, hingga tampak seperti arang. Penyembuhan luka yang terjadi sangat lambat dan biasanya membutuhkan donor kulit (Barbara *et al.*, 2013). Luka bakar ini memerlukan eksisi awal dan cangkok kulit (*early excision and grafting*) (Holmes dan Heimbach, 2005).

b. Klasifikasi Berdasarkan Luas Luka

Luas luka bakar dinyatakan dalam persen terhadap luas seluruh tubuh. Pada orang dewasa digunakan “Rumus Sembilan”, yaitu luas kepala dan leher, dada, punggung, perut, pinggang, dan bokong, ekstremitas atas kanan, ekstremitas atas kiri, paha kanan, paha kiri, tungkai dan kaki kanan, serta tungkai dan kaki kiri masing-masing 9%, sisanya 1% adalah daerah genitalia. Rumus yang digunakan pada anak dan bayi berbeda dengan orang dewasa karena luas relatif permukaan kepala anak lebih besar. Karena perbandingan luas permukaan bagian tubuh anak berbeda, dikenal rumus 10 untuk bayi dan rumus 10-15-20 untuk anak. Untuk anak, kepala dan leher 15%, badan depan dan belakang masing-masing 20%, ekstremitas atas kanan dan kiri masing-masing 10%, ekstremitas bawah kanan dan kiri masing-masing 15% (Syamsuhidajat dan De Jong, 2004). Luas luka bakar ditentukan untuk menentukan kebutuhan cairan, dosis obat, dan prognosis. Berdasarkan luasnya, luka bakar diklasifikasikan menjadi 3 yakni:

- 1) Luka bakar ringan, yakni luka bakar derajat I seluas $<10\%$ atau derajat II seluas $<2\%$.
- 2) Luka bakar sedang, yakni luka bakar derajat I seluas $10-15\%$ atau derajat II seluas $5-10\%$.
- 3) Luka bakar berat, yakni luka bakar derajat II seluas $>20\%$ atau derajat III seluas $>10\%$.



Gambar 2.1 Rumus Sembilan (Yapa, 2009)

2.2.2 Pengelompokan Luka Bakar Berdasarkan Kronologi Perjalanan

Berdasarkan kronologi perjalanannya, permasalahan luka bakar dibagi menjadi tiga fase yakni fase awal (akut), fase subakut, dan fase lanjut.

a. Fase Akut

Fase akut terjadi pada 0 – 72 jam setelah luka bakar. Pada fase ini permasalahan utama terjadi pada saluran nafas, gangguan mekanisme bernafas oleh karena adanya eskar melingkar di dada atau trauma multipel pada rongga toraks, dan gangguan sirkulasi (keseimbangan cairan-elektrolit, syok hipovolemia). Pada fase luka bakar ini, pasien menjalani perawatan kritis. Monitoring penderita dibagi menjadi 3 situasi yaitu pada saat triase, selama resusitasi (0-72 jam pertama) dan pos resusitasi (Noer *et al.*, 2006).

b. Fase Subakut

Fase subakut terjadi setelah fase akut dan berlanjut sampai hari ke-14 hingga ke-21, beberapa sumber menyebutkan hingga 32 hari. Masalah utama pada fase ini adalah *Systemic Inflammatory Response Syndrome* (SIRS), *Multi-system Organ Dysfunction Syndrome* (MODS) dan sepsis. Pada fase luka bakar ini, pasien menjalani perawatan kritis dan penutupan luka (Noer *et al.*, 2006).

c. Fase Lanjut

Fase lanjut, disebut juga dengan fase pemulihan, terjadi hingga 8 sampai 12 bulan setelah luka bakar. Pada fase ini, luka bakar telah mengalami proses penyembuhan dan membentuk jaringan parut. Pada fase luka bakar ini, pasien menjalani perawatan non-kritis (Noer *et al.*, 2006).

2.3 Luka bakar listrik

2.3.1 Definisi

Luka bakar listrik adalah luka bakar yang disebabkan oleh kontak dengan arus listrik yang dihasilkan oleh sebuah sumber listrik. Sumber listrik dapat berupa *human-made* seperti peralatan listrik rumah tangga ataupun alami seperti petir (Koumbourlis, 2002). Luka bakar listrik berbeda dengan luka bakar pada umumnya karena luka bakar akibat listrik tegangan tinggi menyebabkan mortalitas yang tinggi sedangkan luka bakar listrik tegangan rendah menyebabkan kerusakan jaringan dengan progresivitas yang berjalan lambat, namun memiliki morbiditas dan mortalitas yang tinggi. Terdapat dua jenis kerusakan jaringan tubuh yang dapat terjadi pada pasien luka bakar listrik. Pertama, disebabkan oleh arus listrik melalui jaringan tubuh (*electrical shock*) dan jenis kedua, disebabkan oleh *arc* (percikan, letupan, ledakan, *electrical flash*) energi listrik (Moenadjat, 2011).

2.3.2 Faktor yang Mempengaruhi Luka Bakar Listrik

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi efek listrik pada jaringan tubuh, yaitu karakteristik listrik dan sifat jaringan tubuh. Kedua faktor tersebut

dapat menentukan derajat kerusakan jaringan tubuh pada penderita luka bakar listrik.

a. Karakteristik Listrik

Beberapa karakteristik listrik yang mempengaruhi kerusakan jaringan antara lain; tegangan (*voltage*), arus listrik (*electric current*), tipe sirkuit (arus), jenis paparan listrik, dan lama waktu kontak dengan arus listrik (Moenadjat, 2011).

1) Tegangan (*voltage*)

Tegangan (*voltage*) adalah gaya elektromotif atau perbedaan potensial listrik. Semakin besar tegangan listrik yang dialirkan ke jaringan yang memiliki resistensi relatif tetap, semakin besar arus yang dialirkan. Besarnya tegangan listrik dapat diketahui dalam ukuran volt (Moenadjat, 2011). Besarnya tegangan arus (*voltage*) sangat menentukan derajat kerusakan jaringan. Jumlah panas yang ditimbulkan oleh sumber listrik sehingga menyebabkan kerusakan jaringan adalah:

$$0,24 \times (\text{Voltage})^2 \times \text{resistance}$$

Berdasarkan hal tersebut, dibedakan beberapa jenis tegangan yakni arus listrik tegangan rendah (*low voltage*) yaitu kurang dari 110V, arus listrik tegangan rumah tangga (*domestic electricity*) yaitu 110-220V, dan arus listrik tegangan tinggi (*high voltage*) yaitu lebih dari 300V. Kematian akibat sengatan listrik umumnya terjadi pada tegangan 110-380V yang sering ditemukan pada tegangan rumah tangga (Akcan *et al.*, 2006)

2) Arus listrik (*electric current*)

Arus listrik (*electric current*) merupakan ukuran jumlah energi yang mengalir melalui suatu objek yang dinyatakan dalam satuan ampere. Rentang aman antara arus listrik dengan ambang persepsi arus sangat sempit yaitu 0,2 – 0,4 mA sedangkan *let go current* (ambang spasme involunteer dikenal dengan sebutan '*the let-go threshold*') berkisar

antara 6 – 9 mA (Moenadjat, 2011). Pengaruh besarnya arus terhadap jaringan tubuh dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Pengaruh besar arus terhadap jaringan tubuh

Besar Arus Listrik	Pengaruh pada Jaringan Tubuh
1,0 mA (pria); 0,5 mA (wanita)	Sensasi nyeri (kontak dengan ujung jari)
16 mA (pria); 11 mA (wanita)	“Let-go” threshold: kontraksi involunter oto-otot
20 mA	Pulmonary arrest
60 mA	Jantung : Ekstrasistol
100 mA	Fibrilasi ventikel
1500 mA	Membran sel otot dan saraf menjadi permeable

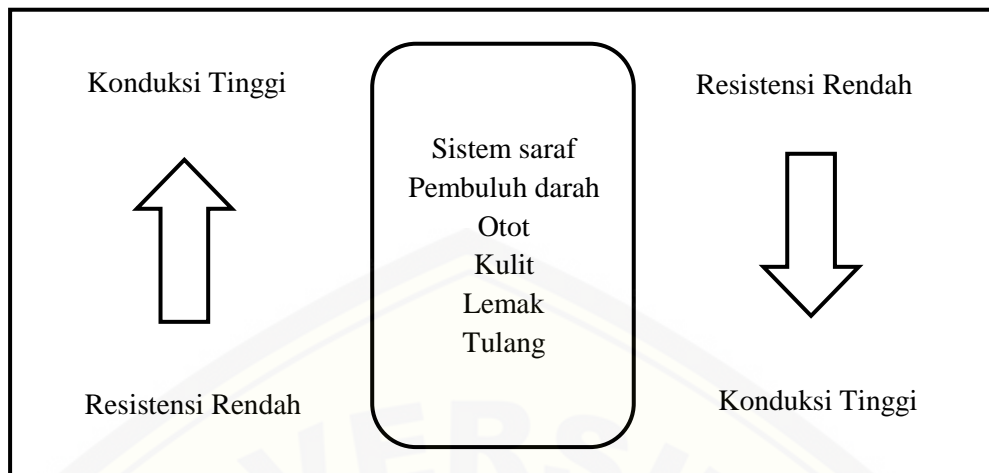
Sumber : Lee *et al.* (2000)

3) Tipe sirkuit (arus)

Arus listrik dibagi menjadi dua jenis yakni arus AC dan DC. Arus AC dan DC menimbulkan akibat yang berbeda bagi tubuh. Arus DC tegangan tinggi menimbulkan spasme muskular, menyebabkan korban terpentak menjauhi sumber arus. Hal ini mengakibatkan waktu paparan dengan arus relatif singkat, namun diikuti kemungkinan timbulnya trauma tumpul. Arus AC lebih berbahaya (tiga kali lipat) dibandingkan arus DC pada tegangan yang sama karena menyebabkan kontraksi muskular kontinu, tetani, dan timbul bila serat-serat otot mendapat stimulasi 40 sampai 110 kali per detik. Karena pada umumnya, listrik yang digunakan memiliki frekuensi 60 Hz, dengan demikian tetani mudah timbul meski dengan arus (ampere) rendah sekalipun (Moenadjat, 2011).

b. Sifat jaringan

Sifat jaringan yang mempengaruhi efek listrik terhadap tubuh antara lain resistensi dan konduksi. Resistensi adalah tahanan jaringan atau oposisi terhadap aliran listrik, sedangkan konduksi adalah kapasitas jaringan menyampaikan (mengalirkan) arus listrik. Konduktor yang baik adalah jaringan yang banyak mengandung air (memiliki derajat hidrasi tinggi). Urutan konduksi jaringan dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.2 Konduksi dan resistensi berbagai jaringan (Moenadjat, 2011)

Arus listrik menghasilkan panas lebih tinggi pada konduktor yang memiliki resistensi lebih besar (misal, jaringan). Proses degradasi energi dalam bentuk panas yang disebut *joule heating*, menjadi penyebab utama kerusakan termis pada jaringan. Karenanya, jaringan yang bersifat kurang konduktif memiliki potensi efek pemanasan lebih besar saat dialiri listrik (Moenadjat, 2011).

2.3.3 Patofisiologi Luka Bakar Listrik

Luka bakar listrik menyebabkan kerusakan pada jaringan melalui dua mekanisme, yakni mekanisme langsung dan tak langsung. Mekanisme langsung disebabkan oleh efek langsung listrik pada berbagai jaringan tubuh atau disebabkan oleh konversi energi listrik menjadi energi termal yang menyebabkan berbagai derajat luka bakar. Sedangkan efek tak langsung terutama disebabkan oleh hasil kontraksi otot berat yang disebabkan oleh luka bakar listrik (Koumbourlis, 2002).

Arus listrik menyebabkan kerusakan yang kompleks. Selain efek termal, sel mengalami gangguan permeabilitas membran akibat denaturasi protein (makromolekul) yang bersifat elektrokonformasional. Saat arus listrik dialirkan pada tubuh, terdapat kontak langsung antara sumber arus dengan konduktor (jaringan permukaan tubuh) dan terjadi perpindahan elektron-elektron sebagaimana proses perpindahan ion di dalam larutan. Saat itu, terjadi proses

elektrolisis dan reaksi eksotermal-elektrokimiawi diikuti perubahan pH, konsentrasi oksigen, dan pelepasan zat toksik ke jaringan sekitar. Arus listrik melalui lapisan-lapisan sel menunjukkan sebuah fenomena yang disebut elektropolasi. Proses tersebut berlangsung terutama di membran sel (*lipid bilayer*) dimana protein membran yang bermuatan negatif mengalami denaturasi. Denaturasi protein terutama terjadi di sekitar *cell pores* dan *gates* (lokasi pompa natrium, pompa kalsium, dan kanal kalium). Protein-protein membran sel ini kehilangan struktur tiga dimensinya serta mengalami distorsi atau membentuk pori-pori intramembran sehingga komponen intrasel dengan mudah bercampur dengan komponen ekstrasel. Proses tersebut berlangsung dengan cepat dan bila kondisi ini tidak segera kembali maka terjadi kematian sel (Moenadjat, 2011).

2.3.4. Efek Listrik pada Pembuluh Darah

Pembuluh darah merupakan jaringan yang mengalami kerusakan paling berat. Kerusakan ini disebabkan difusi panas melalui tunika intima. Kerusakan pada pembuluh darah berupa erosi endotel (diikuti gangguan integritas endotel), adhesi leukosit-trombosit dan terbentuknya trombus-trombus yang diselubungi oleh fibrin-fibrin. Pada akhirnya trombosis menyebabkan terganggunya sirkulasi (Moenadjat, 2011).

Pada arteri, dijumpai dilatasi dengan perlekatan ke jaringan ikat dan jaringan lemak sekitar. Lapisan intima menebal dan mengadakan perlekatan dengan otot polos yang bersifat nonvital. Lamina elastika intima mengalami kerusakan. Kondisi ini diikuti oleh pembentukan edema, yang selanjutnya menyebabkan kompresi sehingga aliran semakin lambat. Akibat terganggunya sirkulasi, jaringan yang di suplai mengalami iskemia yang berlanjut dengan nekrosis. Sementara, dengan terganggunya aliran arteri di daerah trauma, maka akan diikuti terhambatnya aliran proksimal dari trauma yang menyebabkan kerusakan meluas dalam beberapa waktu (hari). Dalam literatur, hal ini disebut sebagai “*progressive*” *tissue necrosis*. *Progressive tissue necrosis* merupakan sesuatu yang bersifat patognomonik untuk kerusakan jaringan karena gangguan

vaskularisasi akibat arus listrik. Derajat kerusakan sebanding dengan besarnya tegangan arus (Moenadjat, 2011).

2.4 Eritrosit

2.4.1 Eritrosit

Eritrosit merupakan sel darah yang berbentuk bikonkaf, berdiameter 7-8 μ . Bentuk bikonkaf tersebut menyebabkan eritrosit bersifat fleksibel sehingga dapat melewati lumen pembuluh darah yang sangat kecil dengan lebih baik. Melalui mikroskop, eritrosit tampak bulat, berwarna merah, dan di bagian tengahnya tampak lebih pucat, disebut dengan *central pallor* yang diameternya kira-kira sepertiga dari keseluruhan diameter eritrosit (Kiswari, 2014)

Dibandingkan sel-sel darah lainnya, eritrosit berjumlah paling banyak. Dalam satu milliliter darah, terdapat kira-kira 4,5-6 juta eritrosit, itu sebabnya darah berwarna merah. Parameter untuk mengukur keadaan eritrosit biasanya dilakukan dengan mengukur kadar hemoglobin di dalam darah dalam satuan gram per desiliter (g/dL), mengukur perbandingan volume eritrosit dengan volume darah (*hematocrit*), dan menghitung jumlah eritrosit. Untuk mengetahui ukuran eritrosit diperoleh dengan cara menghitung volume eritrosit rata-rata (mean corpuscular volume, MCV) atau yang merupakan hasil dari hematocrit dibagi dengan jumlah eritrosit, satuannya adalah femtoliter (fL), nilai normalnya adalah 80-100 fL. Bila nilai MCV kurang dari 80 fL disebut mikrositik, sebaliknya bila lebih dari 100 fL disebut makrositik. Umur eritrosit kira-kira 120 hari, sehingga kira-kira setiap hari, 1% dari jumlah eritrosit mati dan digantikan dengan eritrosit yang baru (Kiswari, 2014).

2.4.2 Fungsi Eritrosit

Fungsi utama eritrosit adalah untuk pertukaran gas. Eritrosit membawa oksigen dari paru menuju ke jaringan tubuh dan membawa karbon dioksida (CO₂) dari jaringan tubuh ke paru. Eritrosit tidak memiliki inti sel, tetapi mengandung beberapa organel dalam sitoplasmanya. Sebagian besar sitoplasma eritrosit berisi

hemoglobin yang mengandung zat besi (Fe) sehingga dapat mengikat oksigen (Kiswari, 2014).

2.4.3 Kelainan Morfologi Eritrosit

Eritrosit dewasa normal berbentuk cakram, cekung ganda, dan tidak memiliki inti sel. Eritrosit dapat mengalami variasi dari normal, beberapa diantaranya yaitu variasi dalam ukuran dan bentuk, serta perubahan dalam warna (Kiswari, 2014).

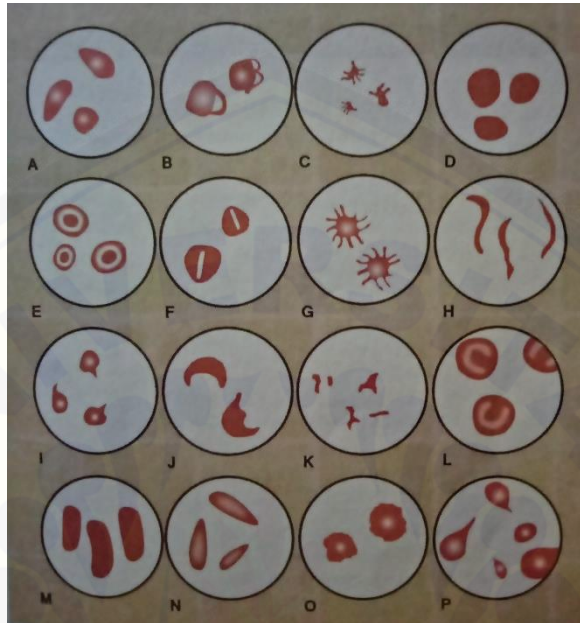
a. Variasi ukuran eritrosit

Eritrosit normal memiliki diameter rata-rata 7,2 μ m dengan variasi 6,8-7,5 μ m. Batas ukuran ekstrem umumnya 6,2-8,2 μ m. Ukuran eritrosit normal disebut normositik. Eritrosit dapat menjadi lebih besar dibandingkan normal (makrositik) atau lebih kecil dibandingkan normal (mikrositik). Makrositik berdiameter lebih dari 8,2 μ m, sedangkan mikrositik berdiameter lebih kecil dari 6,2 μ m. Istilah umum yang digunakan dalam hematologi untuk menunjukkan suatu variasi dalam hal ukuran sel disebut anisositosis (Kiswari, 2014).

b. Variasi bentuk eritrosit

Eritrosit dewasa yang memiliki variasi bentuk selain bentuk normal, dalam apusan darah tepi disebut poikilositosis. Poikilositosis dapat bervariasi dalam berbagai bentuk, sering kali menyerupai benda-benda seperti telur, pensil, dan air mata. Banyak nama spesifik diberikan pada variasi bentuk-bentuk ini. Nama-nama untuk jenis spesifik poikilosit meliputi akantosit, sel lepuh, sel duri, eritrosit krenasi, ekinosit, eliptosit, keratosit, ovalosites, piknosit, skistosit, sel sabit, eritrosit berspikula, sferosit, stomatosit, sel target, dan sel air mata. Deviasi bentuk eritrosit merupakan suatu perubahan kimia atau fisik baik pada membran sel ataupun sitoplasma. Dalam beberapa kasus, mekanismenya belum diketahui. Beberapa variasi bentuk eritrosit antara lain akantosit (*acanthocyte*), sel blister, sel burr, ekinosit (*echinocyte*), eliptosit (*elliptocyte*), sel helm (*schizocyte*), keratosit (*keratocyte*), knizosit (*knizocyte*), leptosit (*leptocyte*), makrosit oval (*oval*

macrocyte), dan piknosit (*pyknocyte*) yang dapat dilihat pada Gambar 2.3 (Kiswari, 2014).



Gambar 2.3 Morfologi eritrosit abnormal (Kiswari, 2014)

- 1) Akantosit (*Acanthocyte*) memiliki beberapa bentuk seperti duri yang tidak teratur yang berada di sekitar membran sel dan dapat bervariasi dalam ukuran. Akantosit memiliki sedikit spikula.
- 2) Sel Blister adalah eritrosit yang mengandung satu atau lebih vakuola yang menyerupai lecet pada kulit. Vakuola dapat pecah. Jika pecah, maka akan terdistorsi menjadi sel keratosit, sel fragmen, dan skistosit. Perubahan sel ini ditemukan jika ada kerusakan pada membran (misalnya luka bakar parah). Sel blister adalah hasil dari trauma dalam sirkulasi darah.
- 3) Sel Burr memiliki satu atau lebih duri pada membran sel. Sel-sel ini sering memanjang tidak teratur. Sel Burr kurang bulat dibandingkan akantosit.

- 4) Ekinosit (*Echinocyte*) disebut juga *crenated erythrocyte*, bergerigi pendek, atau seperti duri berderet di seluruh membran sel. Krenasi dapat terjadi sebagai akibat dari hilangnya cairan intrakorpuskular.
 - 5) Eliptosit (*Elliptocyte*) berbentuk memanjang, seperti batang, cerutu, atau sosis. Eliptosit merupakan cacat membran.
 - 6) Sel Helm (*Schizocyte*) terbentuk sebagai akibat dari proses fragmentasi. Fragmen sel terbentuk di limpa dan gumpalan fibrin intravascular.
 - 7) Keratosit (*Keratocyte*) memiliki bentuk menyerupai dua tanduk, hasil dari vakuola yang pecah. Sel-sel ini terlihat pada kondisi seperti koagulasi intravascular diseminata (*disseminated intravascular coagulation*, DIC).
 - 8) Knizosit (*Knizocyte*) memiliki bentuk menyerupai botol.
 - 9) Leptosit (*Leptocyte*) menyerupai sel sasaran, tetapi bagian dalam dan bagian tengahnya tidak sepenuhnya terlepas dari luar membran.
 - 10) Makrosit Oval (*Oval Macrocyte*) disebut juga *megalocyte*, berbentuk oval atau seperti telur. Meskipun sel ini sama dengan eliptosit, namun megalosit adalah makrositik dan memiliki bentuk lebih bulat. Sebaliknya, eliptosit cenderung memiliki ukuran normal.
 - 11) Piknosit (*Pyknocyte*) merupakan eritrosit yang mirip dengan sel duri.
- c. Variasi warna eritrosit
- Eritrosit normal memiliki penampilan berwarna merah dengan bagian pusat berwarna lebih terang (pucat) ketika diwarnai dengan pewarnaan konvensional. Warna merupakan refleksi banyaknya hemoglobin dalam sel. Warna pucat di tengah merupakan bagian yang tipis dari sel, diameter normal tidak melebihi sepertiga dari diameter keseluruhan sel dan disebut sebagai *central pallor*. Eritrosit yang normal disebut sebagai normokromik. Variasi warna normal atau warna abnormal menunjukkan kandungan sitoplasmanya. Istilah umum untuk variasi warna adalah anisokromia. Istilah yang lebih spesifik, yaitu hipokromia, yang lebih umum digunakan bila bagian *central pallor* melebihi sepertiga dari

diameter sel atau penampilan sel tampak pucat secara keseluruhan. Hipokromia terjadi karena cadangan besi tidak memadai, sehingga mengakibatkan penurunan sintesis hemoglobin (Kiswari, 2014).

2.5 Trombus

Trombus adalah bekuan darah di sepanjang dinding pembuluh darah baik itu pembuluh darah vena maupun arteri. Sedangkan trombosis adalah proses pembentukan atau perkembangan suatu trombus. Menurut trias Virchow, terdapat tiga hal yang menyebabkan terjadinya trombosis, yaitu jejas endotel, stasis aliran darah, dan hiperkoagulabilitas darah (Kumar *et al.*, 2015)

2.5.1 Jejas Endotel

Jejas endotel dapat menyebabkan pajanan kolagen subendotel dan aktivator trombosit lain, perlekatan trombosit, pelepasan faktor jaringan, dan deplesi PGI₂ dan PA lokal. Endotel yang mengalami disfungsi dapat menghasilkan faktor prokoagulasi dalam jumlah yang lebih besar, seperti molekul adhesi untuk mengikat trombosit, faktor jaringan, dan PAI. Selain menghasilkan faktor prokoagulasi dalam jumlah yang besar, endotel yang mengalami disfungsi juga menghasilkan efektor antikoagulan dalam jumlah yang lebih kecil misalnya trombomodulin, PGI₂, t-PA (Kumar *et al.*, 2015).

2.5.2 Perubahan pada Aliran Darah Normal

Aliran darah normal adalah aliran laminar yang menyebabkan unsur trombosit mengalir pada bagian sentral pembuluh darah yang terpisah dari endotel oleh suatu zona jernih plasma yang bergerak lebih lambat. Perubahan pada aliran darah normal dapat menyebabkan turbulensi dan stasis pembuluh darah. Hal ini akan menyebabkan melekatnya trombosit pada endotel, meningkatnya aktivasi sel endotel, berubahnya pembentukan trombosis lokal, serta berbagai efek sel endotel lain (Kumar *et al.*, 2015).

Perubahan pada eritrosit yang dapat menyebabkan perubahan pada aliran darah normal antara lain perubahan reologi dan perubahan deformabilitas eritrosit. Perubahan reologi eritrosit dipengaruhi oleh tingginya kadar hematokrit yang

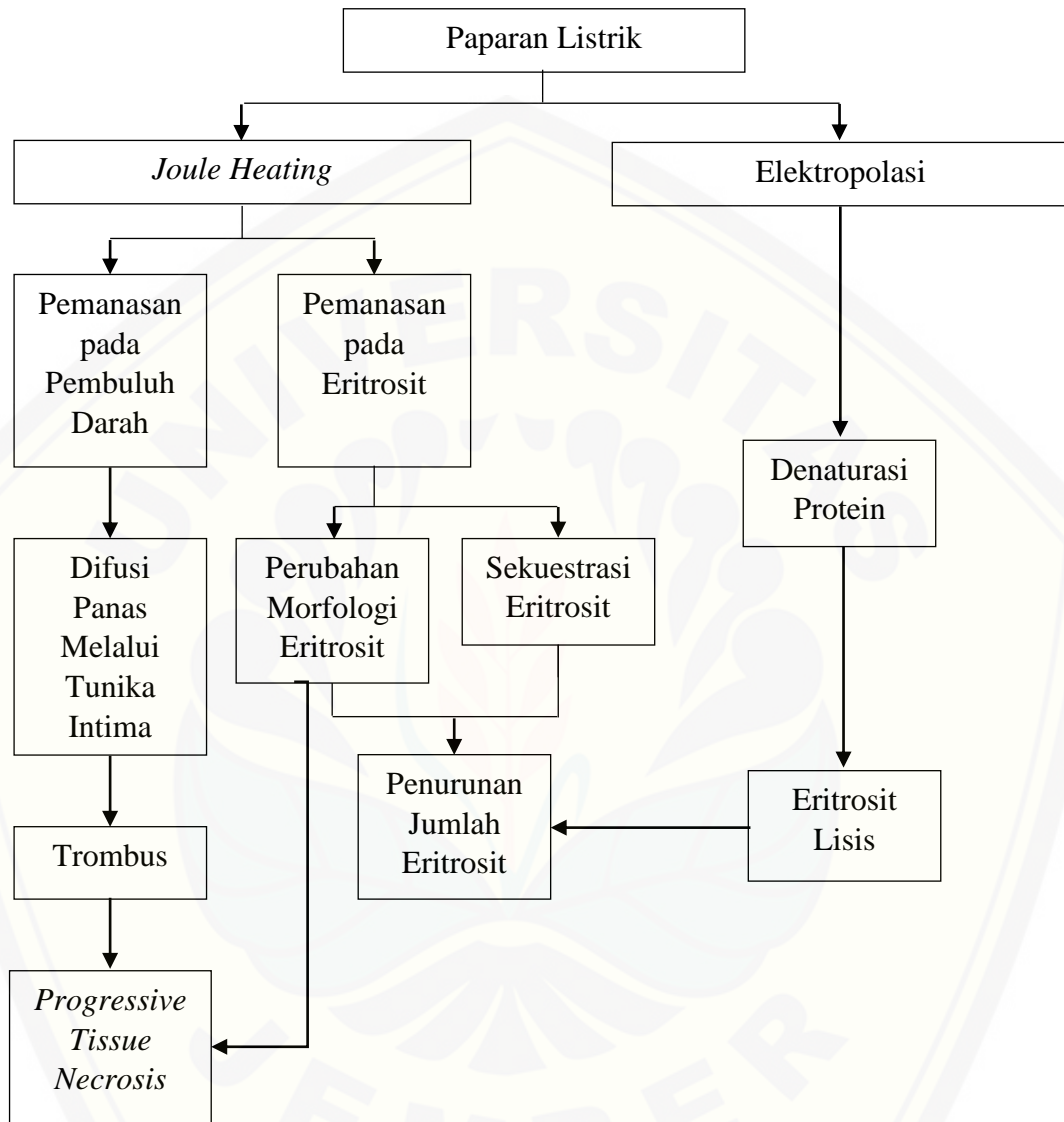
menyebabkan peningkatan viskositas darah sehingga aliran darah melambat. Peningkatan viskositas darah ini menyebabkan terjadinya interaksi antara trombosit dan permukaan dinding pembuluh darah (Litvov dan Weisel, 2016).

Deformabilitas eritrosit merupakan elastisitas bentuk eritrosit selama melewati mikrovaskuler untuk menyesuaikan diameter mikrovaskuler dan secara spontan eritrosit dapat kembali ke bentuk semula tanpa mengalami perubahan bentuk maupun fungsi. Deformabilitas eritrosit disebabkan oleh bentuknya yang bikonkaf. Perubahan deformabilitas eritrosit menyebabkan eritrosit menjadi lebih kaku sehingga kemampuannya untuk menyesuaikan diameter mikrovaskuler berkurang dan meningkatkan marginasi platelet sehingga meningkatkan risiko terjadinya trombosis (Litvinov dan Weisel, 2016).

2.5.3 Hiperkoagulabilitas

Hiperkoagulabilitas dapat dibagi menjadi gangguan primer (genetik) dan gangguan sekunder (didapat). Gangguan primer mencakup mutasi pada gen faktor V dan gen protrombin. Sedangkan gangguan sekunder dapat disebabkan oleh infark miokard, kanker, maupun anemia sel sabit (Kumar *et al.*, 2015).

2.6 Kerangka Teori



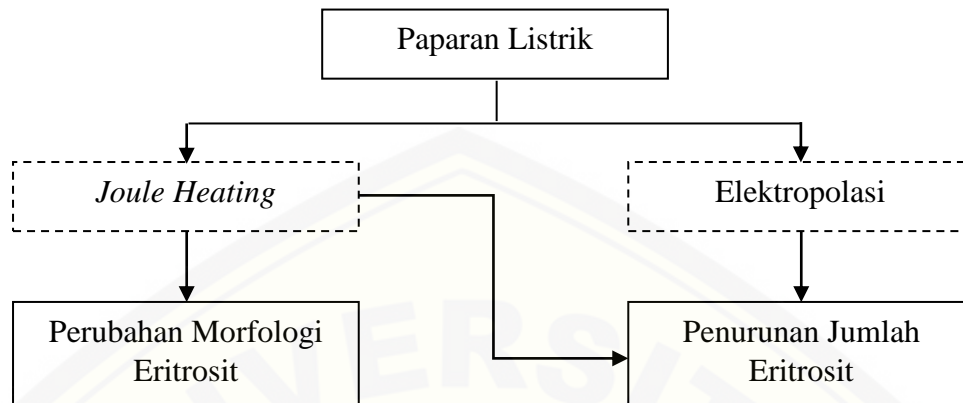
Gambar 2.4 Kerangka Teori

Paparan listrik pada jaringan tubuh akan menyebabkan timbulnya efek *joule heating* dan elektropolasi. Proses degradasi energi ke dalam bentuk panas yang disebut *joule heating* ini menjadi penyebab utama kerusakan termis pada jaringan. Pada pembuluh darah, kerusakan disebabkan oleh difusi panas melalui tunika intima. Kerusakan yang terjadi pada pembuluh darah antara lain berupa erosi endotel, adhesi leukosit-trombosit, dan terbentuknya trombus-

trombus yang diselubungi oleh fibrin-fibrin. Trombosis menyebabkan terganggunya aliran sirkulasi. Terganggunya aliran sirkulasi akan menyebabkan iskemik jaringan yang disuplai hingga terjadi nekrosis. Dengan terganggunya aliran arteri di daerah trauma maka aliran proksimal dari trauma akan terhambat sehingga menyebabkan kerusakan meluas dalam beberapa waktu yang disebut dengan *progressive tissue necrosis*. Pada eritrosit, pemanasan menyebabkan membran permukaannya menjadi permeabel karena komponen lemaknya meleleh atau karena komponen proteinnya mengalami denaturasi. Hal ini kemudian menyebabkan perubahan morfologi eritrosit. Perubahan morfologi eritrosit ini dapat memperparah terjadinya trombus. Selain memperparah terjadinya trombus, perubahan morfologi eritrosit juga menyebabkan berkurangnya jumlah eritrosit normal dalam sirkulasi. *Thermal injury* juga menyebabkan sequestrasi eritrosit sehingga jumlah eritrosit yang berada dalam sirkulasi menurun.

Paparan listrik juga menyebabkan efek elektropolasi. Proses tersebut berlangsung terutama di membran sel (*lipid bilayer*) dimana protein membran yang bermuatan negatif mengalami denaturasi. Denaturasi protein terutama terjadi di sekitar *cell pores* dan *gates* (lokasi pompa natrium, pompa kalsium, dan kanal kalium). Protein-protein membran sel ini kehilangan struktur tiga dimensinya serta mengalami distorsi atau membentuk pori-pori intramembran sehingga komponen intrasel dengan mudah bercampur dengan komponen ekstrasel sehingga sel akhirnya lisis dan jumlahnya berkurang di sirkulasi.

2.7 Kerangka Konseptual



Keterangan :

- menyebabkan
□ variabel yang diukur

Gambar 2.4 Kerangka Konseptual

2.8 Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah dan tinjauan pustaka yang telah diuraikan di atas, maka hipotesis penelitian ini adalah “terdapat perubahan morfologi dan jumlah eritrosit tikus pasca paparan listrik”.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental sebenarnya (*true experimental laboratories*) dengan rancangan penelitian *posttest only control group design*. Penelitian ini bersifat kualitatif dan kuantitatif. Penelitian kualitatif dilakukan untuk mendeskripsikan gambaran morfologi eritrosit pada hari ke-0, 3, 7, 10, dan 14 pasca paparan listrik. Penelitian kuantitatif dilakukan untuk membandingkan jumlah eritrosit pada hari ke-0, 3, 7, 10, dan 14 pasca paparan listrik.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober hingga Desember 2017 di dua tempat. Pemeliharaan dan perlakuan hewan coba dilaksanakan di Laboratorium Biomedik Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember. Pemeriksaan gambaran morfologi dan jumlah eritrosit dilaksanakan di Laboratorium Patologi Klinik Fakultas Kedokteran Universitas Jember.

3.3 Polulasi dan Sampel Penelitian

Populasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah tikus putih (*Rattus Novegicus*) galur *Wistar* yang diperoleh dari peternak tikus di Malang. Kriteria inklusi yaitu tikus wistar jantan, sehat (bergerak aktif, rambut tidak rontok atau botak), usia 10-16 minggu, dan berat 250 - 320 gram. Kriteria eksklusi meliputi tikus yang sakit (rambut rontok atau botak dan tidak bergerak aktif) dan mati. Cara pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan teknik random sederhana (*simple random sampling*). Populasi tikus kemudian dibagi menjadi 6 kelompok. Besar sampel yang digunakan dalam penelitian ini ditentukan berdasarkan rumus Federer, yaitu :

$$(t-1)(r-1) \geq 15$$

$$(t-1)(r-1) \geq 15$$

$$(6-1)(r-1) \geq 15$$

$$\begin{aligned}5(r-1) &\geq 15 \\ r &\geq 4\end{aligned}$$

Keterangan:

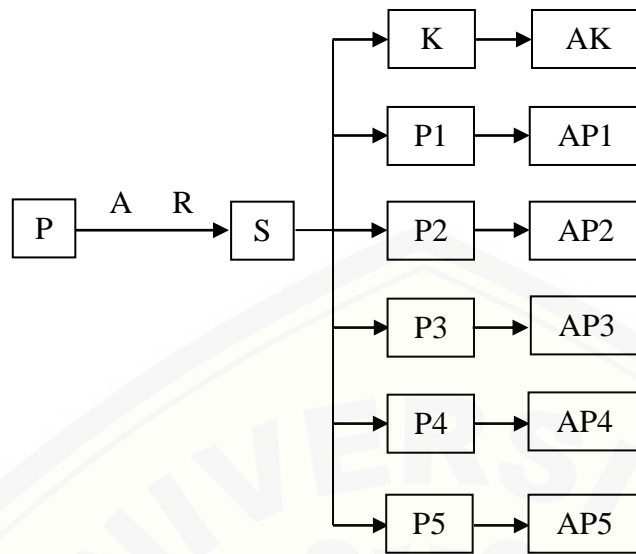
t: jumlah kelompok uji

r: besar sampel per kelompok

Berdasarkan rumus Federer di atas, besar sampel ideal untuk tiap kelompok adalah sebanyak 4 ekor tikus atau lebih sehingga jumlah sampel minimal yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebanyak 24 ekor tikus. Ditambahkan juga 6 ekor tikus sebagai cadangan sehingga jumlah keseluruhan tikus yang diperlukan untuk penelitian ini sebanyak 30 ekor tikus.

3.4 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah *posttest only control group design*. Dalam penelitian ini, sampel diadaptasi dan dirandomisasi kemudian dibagi ke dalam 6 kelompok yakni kelompok kontrol dan 5 kelompok perlakuan. Kelompok kontrol tidak diberikan paparan listrik, pengamatan morfologi dan jumlah eritrosit tikus pada kelompok kontrol dilakukan setelah masa adaptasi selama tujuh hari. Pengamatan morfologi dan jumlah eritrosit tikus pada 5 kelompok perlakuan hanya dilakukan pada *posttest*, yaitu setelah mendapat perlakuan berupa paparan listrik sebesar 140 volt selama 17 detik. Kelompok perlakuan dibagi berdasarkan waktu pengambilan darah. Pengambilan darah dilakukan melalui sinus atau pleksus retro-orbitalis pada hari ke-0, 3, 7, 10, dan 14 pasca pemberian paparan listrik. Sampel darah yang diperoleh kemudian dilakukan hitung jumlah eritrosit menggunakan kamar hitung *improved neubauer* dan dilakukan penganan morfologi eritrosit menggunakan sediaan apus darah tepi (SADT). Secara sistematis rancangan penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Skema rancangan penelitian

Keterangan :

- P : Populasi
- A : Adaptasi
- R : Randomisasi
- S : Sampel
- K : Kelompok kontrol tanpa diberi paparan listrik
- P1 : Kelompok perlakuan P1 diberi paparan listrik sebesar 140 V selama 17 detik
- P2 : Kelompok perlakuan P2 diberi paparan listrik sebesar 140 V selama 17 detik
- P3 : Kelompok perlakuan P3 diberi paparan listrik sebesar 140 V selama 17 detik
- P4 : Kelompok perlakuan P4 diberi paparan listrik sebesar 140 V selama 17 detik
- P5 : Kelompok perlakuan P4 diberi paparan listrik sebesar 140 V selama 17 detik
- AK : Kelompok kontrol diperiksa gambaran morfologi dan hitung jumlah eritrosit
- AP1 : Kelompok perlakuan P1 diperiksa gambaran morfologi dan jumlah eritrosit pada hari ke-0 pasca paparan listrik kemudian diterminasi
- AP2 : Kelompok perlakuan P2 diperiksa gambaran morfologi dan jumlah eritrosit pada hari ke-3 pasca paparan listrik kemudian diterminasi
- AP3 : Kelompok perlakuan P3 diperiksa gambaran morfologi dan jumlah eritrosit pada hari ke-7 pasca paparan listrik kemudian diterminasi

AP4 : Kelompok perlakuan P4 diperiksa gambaran morfologi dan jumlah eritrosit pada hari ke-10 pasca paparan listrik kemudian diterminasi

AP5 : Kelompok perlakuan P5 diperiksa gambaran morfologi dan jumlah eritrosit pada hari ke-14 pasca paparan listrik kemudian diterminasi

3.5 Variabel Penelitian

3.5.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah paparan listrik sebesar 140 V selama 17 detik.

3.5.2 Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah gambaran morfologi dan jumlah eritrosit tikus wistar yang diamati pada hari ke-0, 3, 7, 10, dan 14 pasca paparan listrik.

3.5.3 Variabel Terkendali

Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah:

- a. pemberian makan yang berupa pellet dan minum yang didapat dari air ledeng;
- b. tempat dan cara pemeliharaan hewan coba yang meliputi kandang dengan ukuran 1500 cm² dengan ketinggian 22 cm, dan suhu ruangan sebesar 24°C (suhu kamar);
- c. cara pengamatan morfologi eritrosit;
- d. cara pengamatan jumlah eritrosit.

3.6 Definisi Operasional

3.6.1 Paparan Listrik

Paparan listrik pada penelitian ini dilakukan dengan mengalirkan arus listrik sebesar 140 V (*domestic electricity*) selama 17 detik. Jenis arus listrik yang digunakan adalah arus AC. Sebelum diberikan paparan listrik, tikus terlebih dahulu dianestesi menggunakan *ketamin* (40 mg/kgBB) dan *xylazine* (5 mg/kgBB)

secara *intraperitoneal* kemudian diletakkan pada papan kayu untuk keamanan (Tayfur *et al.*, 2011). Paparan listrik dilakukan dengan menggunakan alat penyetrum yang memiliki dua elektroda yang berupa penjepit buaya. Dua buah konduktor yang berupa alumunium tipis dililitkan pada tungkai kanan bawah tikus dan tungkai kiri bawah tikus yang telah dicukur sebelumnya. Penjepit buaya yang terhubung pada sumber listrik kemudian dijepitkan pada kedua konduktor yang dililitkan pada tungkai kanan dan kiri tikus.

3.6.2 Waktu Pengambilan Sampel Darah

Waktu pengambilan sampel darah tikus dibedakan menjadi enam. Waktu pengambilan sampel darah pada kelompok kontrol dilakukan setelah masa adaptasi. Setelah pengambilan sampel darah dilakukan, tikus diterminasi kemudian dilanjutkan dengan pengamatan morfologi dan jumlah eritrosit tikus. Waktu pengambilan sampel darah pada kelompok perlakuan dibedakan menjadi 5 kelompok yaitu kelompok perlakuan P1, P2, P3, P4 dan P5. Pada kelompok perlakuan P1, pengambilan sampel darah dilakukan pada hari ke-0, yakni segera setelah paparan listrik, pada kelompok perlakuan P2 pengambilan sampel darah dilakukan pada hari ke-3 pasca paparan listrik, pada kelompok perlakuan P3 pengambilan sampel darah dilakukan pada hari ke-7 pasca paparan listrik, pada kelompok perlakuan P4 pengambilan sampel darah dilakukan pada hari ke-10 pasca paparan listrik, dan pada kelompok perlakuan P5 pengambilan sampel darah dilakukan pada hari ke-14 pasca paparan listrik. Pengambilan sampel darah dilakukan melalui pleksus atau sinus retro-orbitalis setelah tikus dianestesi inhalasi menggunakan dietil-eter. Setelah pengambilan sampel darah dilakukan, tikus kemudian diterminasi dan dilanjutkan dengan pengamatan morfologi dan jumlah eritrosit tikus. Terminasi dilakukan dengan cara dekapitasi leher tikus setelah dilakukan anestesi menggunakan *ketamin*.

3.6.3 Gambaran Morfologi Eritrosit

Gambaran morfologi eritrosit tikus *Wistar* adalah gambaran mikroskopik eritrosit pada sediaan apus darah tepi (SADT) yang diamati dengan menggunakan

olympus microscope binocular dengan pembesaran 1000x dengan bantuan minyak emersi. Pengamatan dilakukan pada SADT yang baik secara visual yakni ketebalannya gradual, paling tebal di daerah kepala, makin menipis ke arah ekor, apusan darah tidak melampaui atau menyentuh pinggir kaca objek, tidak bergelombang atau terputus-putus, tidak berlubang-lubang, bagian ekornya tidak membentuk “bendera robek”, dan panjang apusan kira-kira 2/3 panjang kaca objek (Kiswari, 2014). Pengamatan dilakukan pada lapang pandang SADT yang termasuk *counting area* dengan gambaran eritrosit yang terdistribusi secara merata dan layak dinilai. Penilaian yang dilakukan meliputi ukuran, bentuk, dan warna eritrosit yang dihitung paling sedikit pada 1000 eritrosit dan disajikan dalam bentuk persen.

3.6.4 Jumlah Eritrosit

Jumlah eritrosit adalah jumlah eritrosit yang terdapat dalam darah tikus *Wistar* yang diukur menggunakan kamar hitung *improved neubauer*. Penghitungan jumlah eritrosit tikus dilakukan dengan pembesaran lensa obyektif 40× pada 5 bidang yang masing-masing terdiri dari 16 bidang kecil. Pengamatan dilakukan menggunakan *olympus microscope binocular*. Penghitungan jumlah eritrosit per mL darah yaitu: jumlah eritrosit yang ditemukan × 10.000.

3.7 Alat dan Bahan Penelitian

3.7.1 Pembuatan Alat Setrum

Alat dan bahan yang digunakan adalah kabel standar (merah-hitam), penjepit buaya, MCB (pengatur arus yang masuk), saklar on-off, obeng, gunting, baut, tang, stop kontak, tegangan sumber PLN 140 V, tespen, voltmeter digital, papan sirkuit triplek, dan aluminium tipis.

3.7.2 Perawatan dan Perlakuan Hewan Coba

Alat yang digunakan adalah kandang yang terbuat dari plastik yang ditutupi dengan penyekat, neraca analitik dengan ketelitian 0,01 gram, tempat makan dan minum tikus, sarung tangan, dan masker.

Bahan yang digunakan adalah makanan tikus yang berupa pellet, minuman tikus yang berupa air bersih, dan sekam/serbuk kayu sebagai alas kandang tikus.

3.7.3 Pemberian Anestesi Hewan Coba

Alat yang digunakan adalah *sprit* 1 cc. Bahan yang digunakan adalah ketamin (40 mg/kgBB), xylazin (5 mg/kgBB), dan dietil ether.

3.7.4 Pemberian Paparan Listrik

Alat yang digunakan adalah alat setrum dan alat pelindung diri (APD) yang terdiri dari sarung tangan dan sandal jepit karet.

3.7.5 Perawatan Luka Hewan Coba

Alat dan bahan yang digunakan adalah kassa steril dan NaCl.

3.7.6 Pengambilan Sampel Darah

Alat dan bahan yang digunakan adalah *micro haematocrit tubes*, tabung *ependorf* dengan antikoagulan EDTA di dalamnya, sarung tangan, pipet tetes, dan kassa.

3.7.7 Pembuatan dan Pewarnaan Preparat

Alat dan bahan yang digunakan adalah kaca objek, *cover glass*, pipet, minyak emersi, cat giemsa, aquadest, metil alkohol, dan sarung tangan.

3.7.8 Pengamatan Morfologi Eritrosit

Alat dan bahan yang digunakan adalah mikroskop binokuler merk *Boeco* dan *Olympus-31* di laboratorium Patologi Klinik Universitas Jember.

3.7.9 Pemeriksaan Jumlah Eritrosit

Alat dan bahan yang digunakan adalah mikroskop binokuler merk *Boeco* dan *Olympus-31*, kamar hitung *improved neubauer*, *yellow tip*, *blue tip*,

eppendorf, vortex, tabung reaksi, rak tabung reaksi, sarung tangan, masker, dan larutan hayem.

3.8 Prosedur Penelitian

3.8.1 *Ethical Clearance*

Sebelum dilakukan penelitian, hewan coba dan prosedur penelitian akan dilakukan penurusan *ethical clearance* di Komisi Etik Penelitian Kesehatan, Fakultas Kedokteran Universitas Jember. Surat perizinan etik terlampir pada Lampiran 3.1.

3.8.2 Pemilihan Sampel Hewan Coba

Hewan coba yang digunakan adalah 30 ekor tikus putih (*Rattus novergicus*) jantan galur *Wistar* berusia 10-16 minggu yang sehat (bergerak aktif, rambut tidak rontok atau botak) dengan berat badan 250 - 320 gram. Jumlah tersebut terdiri dari 24 ekor tikus sampel dan 6 ekor tikus cadangan.

3.8.3 Persiapan Sampel Hewan Coba

Tikus diadaptasikan pada kondisi laboratorium selama 7 hari dengan cara ditempatkan pada kandang yang berbeda dalam suhu kamar dengan pencahayaan dan ventilasi cukup.

Tikus diberi pakan pellet dan minum air ledeng yang masing-masing diberikan secara *ad libitum*.

3.8.4 Perlakuan Hewan Coba

Hewan coba dikelompokkan menjadi lima kelompok, yaitu kelompok kontrol dan 4 kelompok perlakuan.

- a. Kelompok kontrol, tidak diberi perlakuan, hanya diberi makan dan minum standar setiap hari secara *ad libitum* kemudian dilakukan pengamatan morfologi dan jumlah eritrosit.

- b. Kelompok perlakuan P1 diberi paparan listrik 140 V selama 17 detik kemudian dilakukan pengamatan morfologi dan jumlah eritrosit pada hari ke-0 pasca paparan listrik.
- c. Kelompok perlakuan P2 diberi paparan listrik 140 V selama 17 detik kemudian dilakukan pengamatan morfologi dan jumlah eritrosit pada hari ke-3 pasca paparan listrik.
- d. Kelompok perlakuan P3 diberi paparan listrik 140 V selama 17 detik kemudian dilakukan pengamatan morfologi dan jumlah eritrosit pada hari ke-7 pasca paparan listrik.
- e. Kelompok perlakuan P4 diberi paparan listrik 140 V selama 17 detik kemudian dilakukan pengamatan morfologi dan jumlah eritrosit pada hari ke-10 pasca paparan listrik.
- f. Kelompok perlakuan P5 diberi paparan listrik 140 V selama 17 detik kemudian dilakukan pengamatan morfologi dan jumlah eritrosit pada hari ke-14 pasca paparan listrik.

3.8.5 Pemberian Anestesi

Sebelum dilakukan pemaparan terhadap arus listrik, tikus dianestesi terlebih dahulu dengan menggunakan *ketamin* (40 mg/kgBB) dan *xylazine* (5 mg/kgBB) secara intraperitoneal kemudian diletakkan pada papan kayu untuk keamanan. *Ketamin* diberikan untuk memberikan efek analgesik yang kuat sedangkan *xylazine* diberikan untuk memberikan efek anestesi, sedasi, dan relaksasi otot tikus. Dengan pemberian kedua obat tersebut, tikus akan teranestesi dan tidak merasa sakit saat diberi paparan listrik. Berat rata-rata tikus dalam penelitian ini adalah 285 gram, sehingga dosis yang diberikan untuk melakukan anestesi adalah 11,4 mg *ketamin* dan 1,425 *xylazine*.

3.8.6 Pemaparan Terhadap Arus Listrik

Paparan listrik dilakukan dengan menggunakan alat penyetrum yang memiliki dua elektroda. Salah satu elektroda dililitkan pada tungkai kanan bawah tikus sedangkan elektroda yang lain dililitkan pada tungkai kiri bawah tikus.

Elektroda dililitkan hingga mengenai kulit tikus yang telah dicukur sebelumnya. Paparan listrik pada penelitian ini dilakukan dengan mengalirkan arus listrik sebesar 140 V selama 17 detik. Arus listrik ini didasarkan atas penelitian yang dilakukan oleh Tayfur *et al.* (2011) yang pada *preliminary studies* penelitiannya menggunakan arus listrik sebesar 240 V selama 10 detik untuk menghasilkan nekrosis pada kaki dan sekitar pergelangan kaki. Alat yang digunakan pada penelitian ini dapat menghasilkan arus listrik sebesar 140 V sehingga untuk menghasilkan efek yang sama pada tikus waktu paparan listrik diperlama menjadi 17 detik berdasarkan rumus $J=V.R.T$.

3.8.7 Perawatan Luka

Perawatan luka yang dilakukan berupa penutupan luka akibat lilitan elektroda dengan menggunakan kasa steril yang sebelumnya telah diberi NaCl. Kasa diganti setiap hari agar kesterilan luka tetap terjaga. Kebersihan kandang juga diperhatikan agar tidak terjadi infeksi.

3.8.8 Pengambilan Sampel Darah Hewan Coba

Sampel darah tikus *Wistar* diperoleh dari sinus retro-orbital menggunakan *micro haematocrit tubes*. Pengambilan darah dilakukan dengan menusukkan *micro haematocrit tubes* pada sudut kemiringan 45°. Sebelum melakukan pengambilan darah, tikus dianestesi terlebih dahulu menggunakan ether. Pengambilan sampel dilakukan oleh analis Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember yang kompeten dalam perlakuan dan pemeliharaan tikus.

3.8.9 Penghitungan Jumlah Eritrosit

Penghitungan jumlah eritrosit dilakukan di Laboratorium Patologi Klinik Fakultas Kedokteran dengan menggunakan kamar hitung *improved neubauer*.

Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- a. Ambil larutan hayem sebanyak 2000 μ l kemudian masukkan ke dalam tabung reaksi.
- b. Ambil larutan hayem sebanyak 10 μ l dari tabung reaksi kemudian buang.

- c. Ambil darah dari tabung *ependorf* dengan antikoagulan EDTA sebanyak 10 μ l kemudian masukkan ke dalam tabung reaksi.
- d. Campur dan homogenkan darah dan larutan hayem menggunakan vortex selama 3-5 menit, pengenceran yang dihasilkan dengan cara ini adalah 200 kali.
- e. Isikan larutan darah-Hayem yang masih berada di dalam tabung reaksi ke dalam kamar hitung melalui tepi cover-glass. Atur fokus terlebih dahulu dengan memakai lensa obyektif kecil (10x), kemudian lensa tersebut diganti dengan lensa objektif besar (40x) sampai garis-garis bagi dalam bidang besar tengah nampak jelas.
- f. Kemudian hitung semua eritrosit yang terdapat dalam 5 bidang yang tersusun dari 16 bidang kecil, pada keempat sudut bidang besar, ditambah yang berada di tengah-tengah. Mulai menghitung dari sudut kiri atas, terus ke kanan, kemudian turun ke bawah dan dari kanan ke kiri; lalu turun lagi kebawah dan dimulai lagi dari kiri ke kanan. Apabila ada sel-sel yang letaknya menyinggung garis batas suatu bidang, maka sel-sel yang menyinggung garis-batas sebelah kiri atau garis-atas, harus dihitung. Sebaliknya, sel-sel yang menyinggung garis-batas sebelah kanan atau bawah, tidak boleh dihitung.
- g. Penghitungan jumlah eritrosit per mL darah yaitu: jumlah eritrosit yang ditemukan $\times 10.000$ (Kiswari, 2014). Pemeriksaan hitung jumlah eritrosit dilakukan oleh dua orang yang kompeten yakni peneliti dan non-peneliti dengan menggunakan metode pengamatan *double blinding*. Jumlah eritrosit ditentukan dengan cara melakukan penghitungan nilai selisih dari dua penghitung (replikasi 1 dan replikasi 2) kemudian dicari nilai rata-rata dan standar deviasinya (SD). Nilai SD pada penelitian ini adalah 0,14. Apabila nilai antara kedua penghitung tidak jauh berbeda yakni berada dalam rentang ± 2 SD, maka nilai yang digunakan adalah hasil rata-rata dari kedua penghitungan. Apabila hasil pembacaan jauh berbeda yakni lebih dari $\pm 2SD$ maka dilakukan penghitungan ulang pada sampel tersebut.

3.8.10 Pembuatan Sediaan Apusan Darah Tepi (SADT)

Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah darah vena tikus *Wistar* yang diambil dari sinus retro-orbital tikus menggunakan *micro haematocrit tubes*. Darah vena tikus diambil sebanyak 1 mL dan ditampung dalam tabung penyimpanan darah yang mengandung *ethylene diamamina tetra acetic acid* atau EDTA untuk menghindari penggumpalan darah. Sediaan apusan darah tepi dibuat dengan cara sebagai berikut.

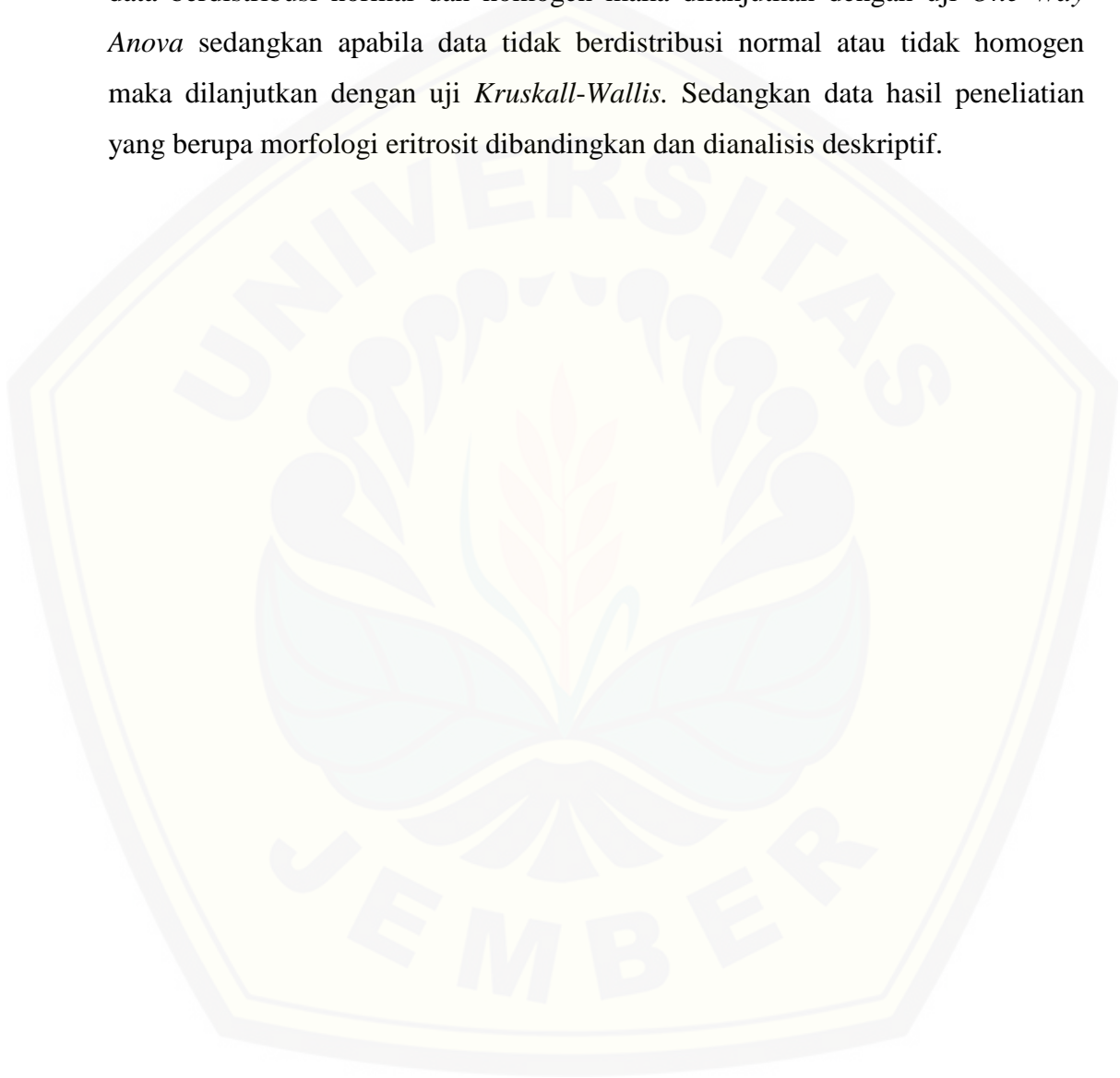
- a. Teteskan sampel sepanjang ± 3 mm dengan jarak kira-kira 2 cm dari salah satu pinggirnya.
- b. Tetesan dilebarkan dengan menggunakan spreader.
- c. Fiksasi dilakukan dengan menggunakan metil alcohol (methanol) dan dibiarkan selama 2-3 menit agar morfologi eritrosit tetap utuh. Pewarnaan yang digunakan adalah pewarnaan Giemsa (Kiswari, 2014).

3.8.11 Pengamatan Morfologi Eritrosit

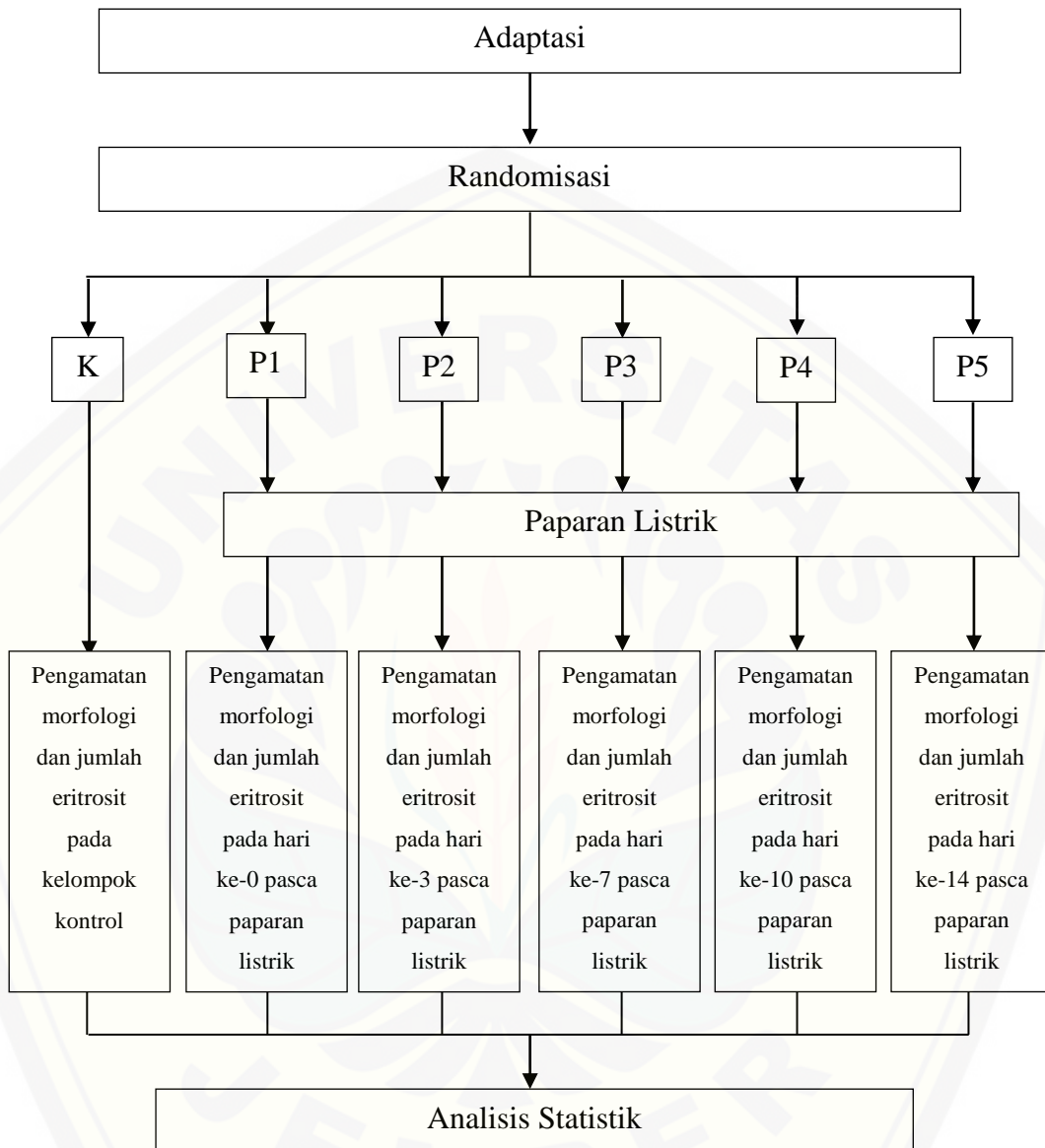
Pengamatan morfologi eritrosit dilakukan menggunakan *olympus microscope binocular* pada sediaan apus darah tepi yang termasuk dalam *counting area* dengan gambaran eritrosit yang terdistribusi secara merata, tidak saling bertumpukan atau berdesakan sehingga bentuknya masih utuh dan layak dinilai. Pengamatan dimulai dengan perbesaran 100x untuk mengamati kualitas sediaan apus darah tepi dan persebaran sel pada sediaan apus darah tepi. Pengamatan dilanjutkan dengan perbesaran 400x untuk mengamati adanya anisositosis. Selanjutnya dilakukan pengamatan dengan perbesaran 1000x ditambah pemberian minyak emersi untuk mengamati morfologi eritrosit yang dinilai tiap 1000 eritrosit. Pengamatan yang dilakukan meliputi bentuk, warna, dan ukuran eritrosit. Bentuk eritrosit yang diamati antara lain eritrosit normal, sferosit, *tear drops*, target sel, stomatosit, fragmentosit, serta ekinosit. Warna eritrosit yang diamati antara lain normokrom, hipokrom, dan hiperkrom. Ukuran eritrosit yang diamati antara lain normosit, mikrosit, dan makrosit. Pengamatan morfologi eritrosit dilakukan oleh dua orang yang kompeten dengan menggunakan metode pengamatan *double blinding*.

3.9 Analisis Data

Data hasil penelitian yang berupa jumlah eritrosit tikus disajikan dalam bentuk tabel kemudian dihitung rata-rata tiap kelompok. Kemudian dilakukan uji normalitas data menggunakan uji *Saphiro-Wilk* dan uji homogenitas data. Jika data berdistribusi normal dan homogen maka dilanjutkan dengan uji *One Way Anova* sedangkan apabila data tidak berdistribusi normal atau tidak homogen maka dilanjutkan dengan uji *Kruskall-Wallis*. Sedangkan data hasil penelitian yang berupa morfologi eritrosit dibandingkan dan dianalisis deskriptif.



3.10 Alur Penelitian



Gambar 3.2 Alur Penelitian

3.11 Uji Kelayakan Etik

Subyek yang digunakan dalam penelitian ini adalah tikus yang dalam pelaksanaannya harus mendapat sertifikat kelayakan etik. Sertifikat kelayakan etik didapatkan dari komisi etik kedokteran. Prosedur ini diharapkan dapat

memperjelas tujuan dan kewajiban peneliti, serta menjamin keamanan bagi peneliti maupun hewan coba.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Terjadi perubahan morfologi eritrosit tikus pasca paparan listrik sebesar 140 V selama 17 detik yakni dari segi bentuk ditemukan lebih banyak fragmentosit, mikrosit, *tear drops*, stomatosit, dan target sel, dari segi ukuran ditemukan lebih banyak mikrosit, dan dari segi warna ditemukan lebih banyak eritrosit hipokrom.

Tidak terdapat perubahan signifikan secara statistik pada perubahan jumlah eritrosit tikus pasca paparan listrik sebesar 140 V selama 17 detik.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, maka didapatkan saran.

- a. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai efek pemberian paparan listrik terhadap jumlah eritrosit tikus menggunakan metode pemeriksaan yang lebih sensitif yakni *hematology analyzer* khusus untuk hewan.
- b. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai efek pemberian paparan listrik terhadap indeks eritrosit tikus yakni MCV (*Mean Corpuscular Volume*), MCH (*Mean Corpuscular Hemoglobin*), dan MCHC (*Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration*) menggunakan metode pemeriksaan yang lebih sensitif yakni *hematology analyzer* khusus untuk hewan.
- c. Perlu dipertimbangkan pemberian molekul berukuran besar seperti *bovine* serum albumin atau *stachyose* untuk mencegah terjadinya hemolisis pada 48 jam pertama pada pasien luka bakar listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Akcan, R., A. Hilal, M. K. Gulmen, dan N. Cekin. 2006. Childhood deaths due to electrocution in Adana, Turkey. *Acta Paediatrica*. 96(3): 443-445.
- Akin, A., M. Bilici, F. Demir, A. G. Pirinçioğlu, dan C. Yavuz. 2015. Cardiac thrombus developing after an accidental high-voltage electric shock in a child. *The Turkish Journal of Pediatrics*. 57(2): 180-182.
- Baar, S. 1979. Anaemia of Burns. *Burns*. 6(1): 1-8
- Barbara, A. B., G. Glen, dan S. Marjorie. 2013. *Willard and Spackman's Occupational Therapy*. 12th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Cancio, L. C., J. F. J. Reyna, D. J. Barillo, S. C. Walker, A. T. McManus, dan G. M. Vaughan. 2005. One hundred ninety-five cases of high-voltage electric injury. *Journal of Burn Care and Rehabilitation*. 26(4): 331-340.
- Cromer, A. H. 1994. *Fisika untuk Ilmu-ilmu Hayati*. Edisi Kedua. Yogyakarta: Gajahmada University Press.
- Endoh, Y., M. Kawakami, E. P. Orringer, H. D. Peterson, dan A. A. Meyer. 1992. Causes and time course of acute hemolysis after burn injury in the rat. *Journal of Burn Care & Rehabilitation*. 13(2): 203-209.
- Epstein, B. S., D. L. Hardy, H. N. Harrison, C. Teplitz, Y. Villareal, dan A. D. Mason. 1963. Hypoxemia in the burned patient: a clinical-pathologic study. *Annals of Surgery*. 158(6): 924-932.
- Gabriel, J. F. 1996. *Fisika Kedokteran*. Jakarta: EGC.
- Guyton, A. C. dan J. E. Hall. 2007. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*. Edisi Kesembilan. Jakarta: EGC.
- Ham, T. H., S. C. Shen, E. M. Fleming, dan W. B. Castle. 1948. Studies on the destruction of red blood cells. *American Society of Hematology*. 3(4): 373-403.
- Harris, R. L., G. L. Cottam, J. M. Johnston, dan C. R. Baxter. 1981. The pathogenesis of abnormal erythrocyte morphology in burns. *The Journal of Trauma*. 21(1): 13-21.
- Holmes, J. H. dan D. M. Heimbach. 2005. *The Trauma Manual: Trauma and Acute Care Surgery*. New York: McGraw-Hill.

- Jain, R. S., P. K. Gupta, R. Handa, K. Nagpal, S. Prakash, dan R. Agrawal. 2014. Vertebrobasilar territory ischemic stroke after electrical injury: delayed sequelae. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. 23(6): 1-3.
- Kalkan, T., M. Demir, A. S. M. S. Ahmed, S. Yazar, S. Dervisoglu, H. B. Uner, dan O. Cetinkale. 2004. A dynamic study of the thermal components in electrical injury mechanism for better understanding and management of electric trauma: an animal model. *Burns*. 30(4): 334-340.
- Karimi, H., M. Momeni, dan M. Vasigh. 2015. Long term outcome and follow up of electrical injury. *Journal of Acute Disease*. 107-111.
- Kinosita, K. dan T. Y. Tsong. 1977. Hemolysis of human erythrocytes by a transient electric field. *Proc Natl Acad Sci USA*. 74(5): 1923-1927.
- Kiswari, R. 2014. *Hematologi dan Transfusi*. Jakarta: Erlangga.
- Koumbourlis, A. C. 2002. Electrical injuries. *Crit Care Med*. 30(11Suppl): S424-S430.
- Kumar, V., A. K. Abbas, dan J. C. Aster. 2015. *Robbins and Cotran Pathologic Basis of Disease*. 9th ed. Philadelphia: Elsevier.
- Lawrence, C. dan B. Atac. 1992. Hematologic changes in massive burn injury. *Critical Care Medicine*. 20(9): 1284-1288.
- Lee, R. C., D. Zhang, dan J. Hannig. 2000. Biophysical injury mechanism in electrical shock trauma. *Ann Rev of Biomed Engineer*. 2: 477-509.
- Light, T. S., S. Licht, A. C. Bevilacqua, dan K. R. Morash. 2004. The fundamental conductivity and resistivity of water. *Electrochemical and Solid-state Letters*. 8(1): E16-E19.
- Lioka, F., K. Tsuda, D. Shimomura, M. Nakagawa, A. Okumura, M. Hayashida, K. Izumi, Y. Kamoda, T. Akasaka, dan H. Ohno. 2015. Schistocytosis in acute myeloid leukemia with myelodysplasia-related changes, showing predominant erythroid proliferation. *Tenri Medical Bulletin*. 18(2): 42-50.
- Litvinov, R. I. dan J. W. Weisel. 2016. Role of red blood cells in haemostasis and thrombosis. *International Society of Blood Transfusion Science Series*. 12(1): 176-183.
- Loebl, E. C., C. R. Baxter, dan P. W. Curreri. 1973. The mechanism of erythrocyte destruction in the early post-burn period. *Annals of Surgery*. 178(6): 681-686.

- Mirsky, A. E. dan M. L. Anson. 1929. Protein coagulation and its reversal the reversal of the coagulation of hemoglobin. *Journal of General Physiology*. 13(2): 133-143.
- Moenadjat, Y. 2011. *Luka Bakar: Masalah dan Tatalaksana*. Edisi Keempat. Jakarta: Balai Penerbit FKUI.
- Noer, M., I. D. Saputro, dan D. S. Perdanakusuma. 2006. *Penanganan Luka Bakar*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Ponder, E. 1948. Shape and shape transformations of heated human red cells. *Journal of Experimental Biology*. 26: 35-45.
- Porwit, A., J. McCullough, dan W. N. Erber. 2011. *Blood and Bone Marrow Pathology*. 2nd ed. Edinburgh: Elsevier.
- Pudjiastuti, A. 2009. Perbedaan Kerusakan Otot Jantung Tikus Wistar Akibat Paparan Arus Listrik Secara Langsung Dan Melalui Media Air. *Skripsi*. Semarang: Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro.
- Rao, D. 2013. Thermal Injuries. <http://www.forensicpathologyonline.com/E-Book/injuries/thermal-injuries>. [Diakses pada 12 Januari 2018].
- Rieder, R. F. 1970. Hemoglobin stability: observations on the denaturation of normal and abnormal hemoglobins by oxidant dyes, heat, and alkali. *The Journal of Clinical Investigation*. 49(12): 2369-2376.
- Robson, M. C., R. C. Murphy, dan J. P. Heggors. 1984. A new explanation for the progressive tissue loss in electrical injuries. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 73(3): 431-437.
- Rouse, R. G. dan A. R. Dimick. 1978. The treatment of electrical injury compared to burn injury: a review of pathophysiology and comparison of patient management protocols. *The Journal of Trauma*. 18(1): 43-47.
- Syamsuhidajat dan W. De Jong. 2004. *Buku Ajar Ilmu Bedah*. Jakarta: EGC.
- Szabo, K. dan P. Ver. 1984. Bone marrow aplasia after high voltage electrical injury. *Burns*. 10(3): 184-187.
- 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 and Research*. 32(3): e74-e81.
- Topley, E., D. M. Jackson, J. S. Cason, dan J. W. L. Davies. 1962. Assessment of red cell loss in the first two days after severe burns. *Annals of Surgery*. 155(4): 581-590.

- Tsong, T. Y. dan Z. D. Su. 1999. Biological effects of electric shock and heat denaturation and oxidation of molecules, membranes, and cellular functions. *Annals New York Academy of Science*. 211-232.
- Vasko, D. S., J. J. Burdge, R. L. Ruberg, dan A. S. Verghese. 1991. Evaluation of erythropoietin levels in the anemia of thermal injury. *Jornal of Burn Care & Rehabilitation*. 12(5): 437-441.
- Vtyurin, B. V., R. I. Kaem, dan N. V. Chervonskaya. 1982. Erythrocyte membrane and configuration changes in burn septicotoxemia. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. 94(3): 1301-1304.
- WHO. 2016. Burns. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs365/en/>. [Diakses pada 11 Juni 2017].
- Wallace, A. F. 1966. The problem of skin cover in extensive burns. *British Journal of Plastic Surgery*. 19: 161-172.
- Wallnert, S. F. dan G. H. Warren. 1985. The haematopoietic response to burning: an autopsy study. *Burns*. 12(1): 22-27
- Wu, C., R. P. Dai, F. T. Dong, H. Du, dan H. Zhang. 2016. Bilateral macular lesions following electrical injury. *Chinese Medical Sciences Journal*. 31(3): 196-199.
- Yapa, K. S. 2009. Management of burn in community. *Wounds UK*. 5:8 – 48.
- Zaets, S. B., T. L. Berezina, D. Z. Xu, Q. Lu, J. Ricci, D. Cohen, P. Ananthkrishnan, E. A. Deitch, dan G. W. Machiedo. 2003. Burn-induced red blood cell deformability and shape changes are modulated by sex hormones. *The American Journal of Surgery*. 186(5): 540-546.
- Zawacki, B. E. 1974. Reversal of capillary stasis and prevention of necrosis in burns. *Annals of Surgery*. 180(1): 98-102.
- Zelt, R.G., R.K. Daniel, P.A. Ballard, Y. Brissette, dan P. Heroux. 1986. High voltage electrical injury: chronic wound evolution. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 82(6): 1027-1039.

LAMPIRAN

Lampiran 3.1 *Ethical Clearance*



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
KOMISI ETIK PENELITIAN
Jl. Kalimantan 37 Kampus Bumi Tegal Boto Telp/Fax (0331) 337877 Jember 68121 – Email :
fk_unej@telkom.net

KETERANGAN PERSETUJUAN ETIK
ETHICAL APPROVA
Nomor : 1.222 /H25.1.11/KE/2017

Komisi Etik, Fakultas Kedokteran Universitas Jember dalam upaya melindungi hak asasi dan kesejahteraan subyek penelitian kedokteran, telah mengkaji dengan teliti protokol berjudul :

The Ethics Committee of the Faculty of Medicine, Jember University, With regards of the protection of human rights and welfare in medical research, has carefully reviewed the proposal entitled :

ANALISIS MORFOLOGI DAN JUMLAH ERITROSIT TIKUS PASCA PAPARAN LISTRIK

Nama Peneliti Utama : Hilda Nur Achfidawati.
Name of the principal investigator

NIM : 142010101012

Nama Institusi : Fakultas Kedokteran Universitas Jember
Name of institution

Dan telah menyetujui protokol tersebut diatas.
And approved the above mentioned proposal.

Jember, 11 Desember 2017
Ketua Komisi Etik Penelitian

dr. Rini Riyanti, Sp.PK

Tanggapan Anggota Komisi Etik

(Diisi oleh Anggota Komisi Etik, berisi tanggapan sesuai dengan butir-butir isian diatas dan telaah terhadap Protokol maupun dokumen kelengkapan lainnya)

- Penanganan hewan coba memenuhi prinsip 3R
- Hewan coba harus bebas nyeri selama pertaluan
- Mula diperhatikan kontrol kualitas pemeliharaan sel darah



Nama : dr. Rini Riyanti, Sp.PK

Lampiran 4.1 Jumlah Eritrosit Masing-masing Sampel Oleh Dua Penghitung

Sampel	Jumlah Eritrosit (juta/mm ³)		Rata-rata
	Replikasi 1	Replikasi 2	
K1	8,34	8,54	8,44
K2	9,12	9,3	9,21
K3	8,03	8,2	8,115
K4	9,8	9,64	9,72
P1-1	5,84	6,11	5,975
P1-2	6,79	6,59	6,69
P1-3	7,87	7,54	7,705
P1-4	6,72	6,95	6,835
P2-1	7,22	6,9	7,06
P2-2	5,8	5,54	5,67
P2-3	8,8	8,56	8,68
P2-4	6,84	6,6	6,72
P3-1	6,14	6,89	6,515
P3-2	5,53	5,84	5,685
P3-3	6,58	6,97	6,775
P3-4	5,95	6,03	5,99
P4-1	9,83	9,99	9,91
P4-2	2,94	3,24	3,09
P4-3	6,83	6,64	6,735
P4-4	7,23	7,75	7,49
P5-1	6,77	6,98	6,875
P5-2	6,63	6,42	6,525
P5-3	6,09	6,32	6,205
P5-4	6,66	6,8	6,73

Lampiran 4.2 Persentase Bentuk Eritrosit Masing-masing Sampel Oleh Penghitung Satu

Sampel	Morfologi Eritrosit						
	Normal	Fragmentosit	Sferosit	<i>Tear Drops</i>	Target Sel	Stomatosit	Ekinosit
K1	99,46%	0%	0%	0,19%	0%	0,09%	0%
K2	98,38%	0,95%	0%	0,29%	0%	0%	0%
K3	98,42%	0,97%	0%	0,27%	0%	0%	0%
K4	98,67%	0,76%	0%	0,29%	0%	0%	0%
P1-1	0,08%	0,88%	0%	0,2%	0%	0%	0%
P1-2	0,04%	2,15%	0%	1,57%	0%	0%	0%
P1-3	0,03%	1,22%	0%	0,7%	0%	0%	0%
P1-4	0,04%	4,49%	0%	0,5%	0%	0%	0%
P2-1	0,12%	2,78%	0%	0,37%	0%	0%	0%
P2-2	0,06%	0,96%	0%	0,19%	0%	0%	0%
P2-3	0,03%	2,38%	0%	0,39%	0%	0,1%	0%
P2-4	0,05%	4,48%	0%	0,18%	0%	0,09%	0%
P3-1	0,15%	2,45%	0%	0,45%	0%	0%	0%
P3-2	0,04%	5,55%	0%	0,9%	0%	0,09%	0%
P3-3	0,07%	0,85%	0%	0,28%	0%	0%	0%
P3-4	0,15%	0,78%	0%	1,04%	0%	0%	0%
P4-1	0,01%	3,26%	0%	0,2%	0%	0%	0%
P4-2	0,05%	3,18%	0%	0,53%	0%	0%	0%
P4-3	0,88%	2,53%	0%	0,39%	0%	0%	0%
P4-4	0,01%	2,86%	0%	0,34%	0%	0%	0%
P5-1	0,15%	4,64%	0%	1,76%	0,46%	0,28%	0%
P5-2	0,06%	3,29%	0%	0,4%	4,89%	0%	0%
P5-3	0,02%	0,63%	0%	0,18%	0%	0,36%	0%
P5-4	0,04%	0,7%	0%	0,4%	0,1%	0,5%	0%

Lampiran 4.3 Persentase Bentuk Eritrosit Masing-masing Sampel Oleh Penghitung Dua

Sampel	Morfologi Eritrosit						
	Normal	Fragmentosit	Sferosit	<i>Tear Drops</i>	Target Sel	Stomatosit	Ekinosit
K1	99,13%	0%	0%	0,09%	0%	0%	0%
K2	99,04%	0,43%	0%	0,1%	0%	0%	0%
K3	98,8%	0,56%	0%	0,18%	0%	0%	0%
K4	98,44%	0,77%	0%	0,47%	0%	0%	0%
P1-1	0,15%	0,49%	0%	0,1%	0%	0%	0%
P1-2	0,02%	1,81%	0%	1,98%	0%	0%	0%
P1-3	0,07%	0,89%	0%	0,44%	0%	0%	0%
P1-4	0,08%	6,56%	0%	0,66%	0%	0%	0%
P2-1	0,18%	3,21%	0%	0,18%	0%	0,18%	0%
P2-2	0,13%	0,74%	0%	0,46%	0%	0%	0%
P2-3	0,06%	1,88%	0%	0,49%	0%	0%	0%
P2-4	0,08%	3,96%	0%	0,28%	0%	0,09%	0%
P3-1	0,12%	3,17%	0%	0,63%	0%	0%	0%
P3-2	0,08%	5,26%	0%	1,16%	0%	0%	0%
P3-3	0,11%	0,66%	0%	0,37%	0%	0%	0%
P3-4	0,12%	0,95%	0%	0,69%	0%	0%	0%
P4-1	0,04%	3,66%	0%	0,39%	0%	0%	0%
P4-2	0,03%	2,88%	0%	0,45%	0%	0%	0%
P4-3	0,11%	2,35%	0%	0,59%	0%	0%	0%
P4-4	0,03%	2,44%	0%	0,26%	0%	0%	0%
P5-1	0,21%	3,72%	0%	2,33%	0,28%	0,19%	0%
P5-2	0,08%	3,73%	0%	0,49%	4,31%	0,1%	0%
P5-3	0,05%	0,8%	0%	0,27%	0,18%	0,45%	0%
P5-4	0,07%	0,79%	0%	0,2%	0,2%	0,39%	0%

**Lampiran 4.4 Rata-rata Persentase Bentuk Eritrosit Masing-masing Sampel
Oleh Dua Penghitung**

Sampel	Morfologi Eritrosit						
	Normal	Fragmentosit	Sferosit	<i>Tear Drops</i>	Target Sel	Stomatosit	Ekinosit
K1	99,3%	0%	0%	0,14%	0%	0,05%	0%
K2	98,71%	0,69%	0%	0,2%	0%	0%	0%
K3	98,61%	0,77%	0%	0,23%	0%	0%	0%
K4	98,56%	0,77%	0%	0,38%	0%	0%	0%
P1-1	0,12%	0,69%	0%	0,15%	0%	0%	0%
P1-2	0,03%	1,98%	0%	1,78%	0%	0%	0%
P1-3	0,05%	1,06%	0%	0,57%	0%	0%	0%
P1-4	0,06%	5,53%	0%	0,58%	0%	0%	0%
P2-1	0,15%	3%	0%	0,28%	0%	0,09%	0%
P2-2	0,1%	0,85%	0%	0,33%	0%	0%	0%
P2-3	0,05%	2,13%	0%	0,44%	0%	0,05%	0%
P2-4	0,07%	4,22%	0%	0,23%	0%	0,09%	0%
P3-1	0,14%	2,81%	0%	0,54%	0%	0%	0%
P3-2	0,06%	5,41%	0%	1,03%	0%	0,05%	0%
P3-3	0,09%	0,76%	0%	0,33%	0%	0%	0%
P3-4	0,14%	0,87%	0%	0,87%	0%	0%	0%
P4-1	0,03%	3,46%	0%	0,3%	0%	0%	0%
P4-2	0,04%	3,03%	0%	0,49%	0%	0%	0%
P4-3	0,5%	2,44%	0%	0,49%	0%	0%	0%
P4-4	0,02%	2,65%	0%	0,3%	0%	0%	0%
P5-1	0,18%	4,18%	0%	2,05%	0,37%	0,24%	0%
P5-2	0,07%	3,51%	0%	0,45%	4,6%	0,05%	0%
P5-3	0,04%	0,72%	0%	0,23%	0,09%	0,41%	0%
P5-4	0,06%	0,75%	0%	0,3%	0,15%	0,45%	0%

Lampiran 4.5 Persentase Ukuran Eritrosit Masing-masing Sampel Oleh Dua Penghitung

Sampel	Penghitung 1			Penghitung 2		
	Normosit	Mikrosit	Makrosit	Normosit	Mikrosit	Makrosit
K1	99,46%	0,26%	0%	99,13%	0,78%	0%
K2	98,38%	0,38%	0%	99,04%	0,43%	0%
K3	98,42%	0,34%	0%	98,8%	0,46%	0%
K4	98,67%	0,28%	0%	98,44%	0,32%	0%
P1-1	0,08%	98,84%	0%	0,15%	99,26%	0%
P1-2	0,04%	96,24%	0%	0,02%	96,19%	0%
P1-3	0,03%	98,05%	0%	0,07%	98,6%	0%
P1-4	0,04%	94,97%	0%	0,08%	92,7%	0%
P2-1	0,12%	96,73%	0%	0,18%	96,25%	0%
P2-2	0,06%	98,79%	0%	0,13%	98,67%	0%
P2-3	0,03%	97,1%	0%	0,06%	97,57%	0%
P2-4	0,05%	95,2%	0%	0,08%	95,59%	0%
P3-1	0,15%	96,95%	0%	0,12%	96,08%	0%
P3-2	0,04%	93,42%	0%	0,08%	93,5%	0%
P3-3	0,07%	98,8%	0%	0,11%	98,86%	0%
P3-4	0,15%	98,03%	0%	0,12%	98,24%	0%
P4-1	0,01%	96,53%	0%	0,04%	95,91%	0%
P4-2	0,05%	96,24%	0%	0,03%	96,64%	0%
P4-3	0,88%	96,2%	0%	0,11%	96,95%	0%
P4-4	0,01%	96,79%	0%	0,03%	97,27%	0%
P5-1	0,15%	92,71%	0%	0,21%	93,27%	0%
P5-2	0,06%	91,36%	0%	0,08%	91,29%	0%
P5-3	0,02%	98,81%	0%	0,05%	98,25%	0%
P5-4	0,04%	98,26%	0%	0,07%	98,35%	0%

Lampiran 4.6 Rata-rata Persentase Ukuran Eritrosit Masing-masing Sampel Oleh Dua Penghitung

Sampel	Normosit	Mikrosit	Makrosit
K1	99,3%	0,52%	0%
K2	98,71%	0,41%	0%
K3	98,61%	0,4%	0%
K4	98,56%	0,3%	0%
P1-1	0,12%	99,05%	0%
P1-2	0,03%	96,22%	0%
P1-3	0,05%	98,33%	0%
P1-4	0,06%	93,84%	0%
P2-1	0,15%	96,49%	0%
P2-2	0,1%	98,73%	0%
P2-3	0,05%	97,34%	0%
P2-4	0,07%	95,4%	0%
P3-1	0,14%	96,52%	0%
P3-2	0,06%	93,46%	0%
P3-3	0,09%	98,83%	0%
P3-4	0,14%	98,14%	0%
P4-1	0,03%	96,22%	0%
P4-2	0,04%	96,44%	0%
P4-3	0,5%	96,58%	0%
P4-4	0,02%	97,03%	0%
P5-1	0,18%	92,99%	0%
P5-2	0,07%	91,33%	0%
P5-3	0,04%	98,53%	0%
P5-4	0,06%	98,31%	0%

Lampiran 4.7 Persentase Warna Eritrosit Masing-masing Sampel Oleh Dua Penghitung

Sampel	Penghitung 1			Penghitung 2		
	Normokrom	Hipokrom	Hiperkrom	Normokrom	Hipokrom	Hiperkrom
K1	100%	0%	0%	0%	0%	0%
K2	100%	0%	0%	0%	0%	0%
K3	100%	0%	0%	0%	0%	0%
K4	100%	0%	0%	0%	0%	0%
P1-1	4,88%	95,12%	0%	4,16%	95,84%	0%
P1-2	3,12%	96,88%	0%	2,85%	97,15%	0%
P1-3	3,24%	96,76%	0%	3,68%	96,32%	0%
P1-4	4,68%	95,32%	0%	4,44%	96,56%	0%
P2-1	5,76%	94,24%	0%	6,08%	93,92%	0%
P2-2	4,88%	95,12%	0%	5,43%	94,57%	0%
P2-3	4,25%	95,75%	0%	3,96%	96,04%	0%
P2-4	4,58%	95,42%	0%	4,03%	95,97%	0%
P3-1	3,68%	96,32%	0%	4,04%	95,96%	0%
P3-2	5,02%	94,98%	0%	4,76%	95,24%	0%
P3-3	4,98%	95,02%	0%	4,54%	95,46%	0%
P3-4	3,88%	96,12%	0%	3,52%	96,48%	0%
P4-1	4,54%	95,46%	0%	4,02%	95,98%	0%
P4-2	5,18%	94,82%	0%	4,78%	95,22%	0%
P4-3	5,28%	94,72%	0%	4,73%	95,27%	0%
P4-4	5,88%	94,12%	0%	5,23%	94,77%	0%
P5-1	4,58%	95,42%	0%	5,12%	94,88%	0%
P5-2	6,04%	93,96%	0%	5,76%	94,24%	0%
P5-3	5,84%	94,16%	0%	5,01%	94,99%	0%
P5-4	4,96%	95,04%	0%	6,67%	94,33%	0%

Lampiran 4.8 Rata-rata Persentase Warna Eritrosit Masing-masing Sampel Oleh Dua Penghitung

Sampel	Normokrom	Hipokrom	Hiperkrom
K1	100%	0%	0%
K2	100%	0%	0%
K3	100%	0%	0%
K4	100%	0%	0%
P1-1	4,52%	95,48%	0%
P1-2	2,99%	97,02%	0%
P1-3	3,46%	96,54%	0%
P1-4	4,56%	95,44%	0%
P2-1	5,92%	94,08%	0%
P2-2	5,16%	94,85%	0%
P2-3	4,11%	95,9%	0%
P2-4	4,31%	95,7%	0%
P3-1	3,86%	96,14%	0%
P3-2	4,89%	95,11%	0%
P3-3	4,76%	95,24%	0%
P3-4	3,7%	96,3%	0%
P4-1	4,28%	95,72%	0%
P4-2	4,98%	95,02%	0%
P4-3	5,01%	95%	0%
P4-4	5,56%	94,45%	0%
P5-1	4,85%	95,15%	0%
P5-2	5,9%	94,1%	0%
P5-3	5,43%	94,58%	0%
P5-4	5,32%	94,69%	0%

Lampiran 4.9 Hasil Analisis Statistik

Uji Normalitas dan Homogenitas

Tests of Normality

	Kelompok	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
Jumlah Eritrosit	Kelompok Kontrol	.223	4	.	.951	4	.725
	Kelompok P1	.231	4	.	.973	4	.858
	Kelompok P2	.241	4	.	.967	4	.825
	Kelompok P3	.210	4	.	.955	4	.749
	Kelompok P4	.240	4	.	.968	4	.832
	Kelompok P5	.193	4	.	.966	4	.819

a. Lilliefors Significance Correction

Test of Homogeneity of Variances			
Jumlah Eritrosit			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.115	5	18	.110

Uji Hipotesis *One Way Anova*

ANOVA

Jumlah Eritrosit

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17.239	5	3.448	1.899	.145
Within Groups	32.677	18	1.815		
Total	49.916	23			

Analisis Deskriptif

Descriptives

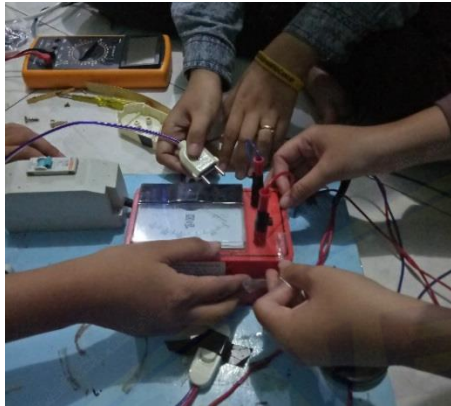
	Kelompok	Statistic	Std. Error
Jumlah Eritrosit	Kelompok Kontrol	Mean	8.8713
	Kontrol	95% Confidence Interval for Mean	7.7117
		Lower Bound	
		Upper Bound	10.0308
	5% Trimmed Mean	8.8661	

	Median		8.8250	
	Variance		.531	
	Std. Deviation		.72870	
	Minimum		8.12	
	Maximum		9.72	
	Range		1.61	
	Interquartile Range		1.40	
	Skewness		.237	1.014
	Kurtosis		-2.934	2.619
Kelompok	Mean		6.8013	.35508
P1	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	5.6712	
		Upper Bound	7.9313	
	5% Trimmed Mean		6.7969	
	Median		6.7625	
	Variance		.504	
	Std. Deviation		.71016	
	Minimum		5.98	
	Maximum		7.71	
	Range		1.73	
	Interquartile Range		1.33	
	Skewness		.322	1.014
	Kurtosis		1.353	2.619
Kelompok	Mean		7.0325	.62377
P2	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	5.0474	
		Upper Bound	9.0176	
	5% Trimmed Mean		7.0167	
	Median		6.8900	
	Variance		1.556	
	Std. Deviation		1.24754	
	Minimum		5.67	
	Maximum		8.68	
	Range		3.01	

	Interquartile Range		2.34	
	Skewness		.656	1.014
	Kurtosis		1.394	2.619
Kelompok	Mean		6.2413	.24704
P3	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	5.4550	
		Upper Bound	7.0275	
	5% Trimmed Mean		6.2425	
	Median		6.2525	
	Variance		.244	
	Std. Deviation		.49409	
	Minimum		5.69	
	Maximum		6.78	
	Range		1.09	
	Interquartile Range		.95	
	Skewness		-.085	1.014
	Kurtosis		-3.069	2.619
Kelompok	Mean		6.8063	1.41175
P4	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	2.3134	
		Upper Bound	11.2991	
	5% Trimmed Mean		6.8403	
	Median		7.1125	
	Variance		7.972	
	Std. Deviation		2.82349	
	Minimum		3.09	
	Maximum		9.91	
	Range		6.82	
	Interquartile Range		5.30	
	Skewness		-.625	1.014
	Kurtosis		1.382	2.619
Kelompok	Mean		6.5838	.14524
P5	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	6.1215	

	Upper Bound	7.0460	
5% Trimmed Mean		6.5886	
Median		6.6275	
Variance		.084	
Std. Deviation		.29047	
Minimum		6.21	
Maximum		6.88	
Range		.67	
Interquartile Range		.55	
Skewness		-.726	1.014
Kurtosis		-.275	2.619

Lampiran 4.10 Dokumentasi Penelitian



Proses pembuatan alat setrum



Alat setrum yang siap digunakan



Adaptasi hewan coba



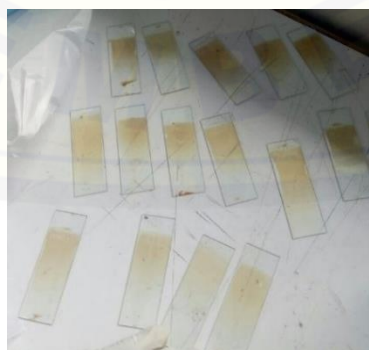
Pemberian paparan listrik



Pencukuran hewan coba



Perawatan luka



Alat dan bahan yang digunakan untuk pemeriksaan morfologi dan jumlah eritrosit tikus