

**PENGARUH LARUTAN PENGAWET DEPARTEMEN FORENSIK RSSA
SEBAGAI SENYAWA PRESERVASI PADA KADAVER HEWAN COBA**

TUGAS AKHIR

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Kedokteran**



Oleh:

**P. G. Agung Raka W.
NIM 145070100111047**

**PROGRAM STUDI SARJANA KEDOKTERAN
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG**

2018

DAFTAR ISI

Halaman

Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Peruntukan	iii
Pernyataan Keaslian Tulisan	iv
Kata Pengantar	v
Abstrak	vii
Abstract	viii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xi
Daftar Lampiran	xii
Daftar Singkatan	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jenazah	6
2.2. Pembusukan	6
2.3. Pengawetan	8
2.4. Pengawetan untuk Tujuan Pembelajaran	11
2.5. Kadaver untuk Tujuan Pembelajaran	12
2.6. Penyimpanan dan Perawatan Kadaver	13
2.7. Bahan Pengawet	14
2.8. Formalin	15
2.9. Gliserin	16
2.10. Alkohol	17

BAB III KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS PENELITIAN

3.1. Kerangka Konsep.....	19
3.2. Hipotesis Penelitian.....	20

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1. Rancangan Penelitian.....	21
4.2. Populasi dan Sampel.....	21
4.3. Variabel Penelitian.....	21
4.4. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	22
4.5. Alat dan Bahan Penelitian.....	22
4.6. Definisi Operasional.....	24
4.7. Prosedur Pengumpulan Data.....	26
4.8. Analisis Data.....	28
4.9. Jadwal Penelitian.....	29

BAB V HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

5.1. Pelaksanaan Penelitian.....	31
5.2. Warna Kadaver.....	31
5.3. Bau Kadaver.....	37
5.4. Struktur Jaringan Kadaver.....	39
5.5. Pertumbuhan Jamur pada Kadaver.....	42

BAB VI PEMBAHASAN

6.1. Perbandingan Warna Kadaver antara Kelompok dengan Perendaman dan Kelompok tanpa Perendaman.....	46
6.2. Perbandingan Warna Kulit Kadaver antara Kelompok Kontrol dan Perlakuan 1 hingga Perlakuan 3 dengan Perendaman.....	47
6.3. Perbandingan Warna Otot Kadaver antara Kelompok Kontrol dan Perlakuan 1 hingga Perlakuan 3 dengan Perendaman.....	48
6.4. Perbandingan Bau Kadaver antara Kelompok dengan Perendaman dan Kelompok tanpa Perendaman.....	50
6.5. Perbandingan Struktur Jaringan Kadaver antara Kelompok dengan Perendaman dan Kelompok tanpa Perendaman.....	51
6.6. Perbandingan Pertumbuhan Jamur Kadaver antara Kelompok dengan Perendaman dan Kelompok tanpa Perendaman.....	52
6.7. Pembusukan Kadaver pada Kelompok tanpa Perendaman.....	55

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan.....	58
7.2. Saran.....	58

Daftar Pustaka.....	60
---------------------	----



HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENGARUH LARUTAN PENGAWET DEPARTEMEN FORENSIK RSSA
SEBAGAI SENYAWA PRESERVASI PADA KADAVER HEWAN COBA

Oleh:

P. G. Agung Raka W.

NIM 145070100111047

Telah diuji pada

Hari : Rabu

Tanggal : 7 Februari 2018

dan dinyatakan lulus oleh:

Penguji I

dr. Zamroni Aff. Sp.S. M.Biomed

NIP. 2016097911251001

Pembimbing I/Penguji II

dr. Obed T. K. Paundralingga, M.Sc

NIP. 198505122009121008

dr. Eriko Prawestiningtyas, Sp.F

NIP. 197709162005012001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Sarjana Kedokteran,



dr. Tri Wahyu Astuti, M.Kes., Sp.P(K)

NIP. 196310221996012001

ABSTRAK

Wijaya, Pedro Gonzalez Agung Raka. 2018. **Pengaruh Larutan Pengawet Departemen Forensik RSSA Sebagai Senyawa Preservasi Pada Kadaver Hewan Coba**. Tugas Akhir, Program Studi Sarjana Kedokteran, Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya. Pembimbing: (1) dr. Obed Trinurcahyo Kinantyo Paundralingga, M.Sc (2) dr. Eriko Prawestingtyas, Sp.F.

Penggunaan formalin sebagai bahan pengawet menyebabkan gejala fisik pada mahasiswa dan perubahan struktur jaringan, tekstur jaringan, bau kadaver, dan warna pada kadaver. Hal ini menyebabkan pengawetan dengan formalin murni perlu dimodifikasi. Laboratorium Forensik Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Rumah Sakit Saiful Anwar (FKUB RSSA) mengembangkan formula pengawet karena formalin menyebabkan kerusakan tampilan jenazah. Akan tetapi, efektivitas larutan pengawet Departemen Forensik RSSA pada setting pembelajaran anatomi belum terbukti. Untuk membuktikan ini, digunakan 40 ekor tikus yang dibagi menjadi 8 kelompok yaitu Kontrol positif, Perlakuan 1 dengan kadar formalin 11,34%, Perlakuan 2 dengan kadar formalin 6,72%, Perlakuan 3 dengan kadar formalin 3,7%, Kontrol tanpa rendam (TR), Perlakuan 1 TR, Perlakuan 2 TR, dan Perlakuan 3 TR. Tikus dieuthanasia lalu diinjeksi dengan bahan pengawet di jantung. Setelah diinjeksi, dilakukan perlakuan berupa perendaman selama 1 minggu pada kelompok Kontrol Positif, Perlakuan 1, Perlakuan 2, dan Perlakuan 3 dan pembungkusan dengan plastic pada kelompok lain. Setelah 1 minggu tikus didiseksi dan disimpan lagi selama 4 minggu, lalu diambil data warna, bau, struktur jaringan, dan pertumbuhan jamur pada kadaver, yang mana berpengaruh dalam pembelajaran anatomi. Uji nonparametrik menghasilkan beda signifikan Perlakuan 1 dan 2 terhadap pasangan tanpa perendaman pada parameter warna otot, bau, struktur jaringan, dan pertumbuhan jamur. Perbedaan signifikan juga didapat pada parameter warna otot antara Perlakuan 1 dan 2 terhadap Kontrol Positif. Dari analisis disimpulkan bahwa larutan pengawet Departemen Forensik RSSA dapat mempertahankan warna jaringan otot kadaver, struktur jaringan otot dan kulit, serta mencegah pertumbuhan jamur pada kadaver namun tidak terbukti dapat mempertahankan warna kulit dan memperbaiki bau kadaver. Dibutuhkan perlakuan tambahan berupa perendaman supaya larutan pengawet dapat mempertahankan warna, struktur jaringan, dan mencegah pertumbuhan jamur, sehingga kadaver dapat digunakan untuk pembelajaran anatomi untuk batas waktu empat bulan sesuai rentang waktu penelitian.

Kata kunci: anatomi, kadaver, formalin, pengawet, pengawetan

ABSTRACT

Wijaya, Pedro Gonzalez Agung Raka. 2018. **The Applicability of Saiful Anwar Embalming Fluid as a Preservative on Small Animal Remains**. Final Assignment, Medical Program, Faculty of Medicine, Brawijaya University. Supervisors: (1) dr. Obed Trinurcahyo Kinantyo Paundralingga, M.Sc (2) dr. Eriko Prawestiningtyas, Sp.F.

The administration of formaldehyde alone as a preservative in embalming causes physical symptoms in students and alterations in the cadaveric tissue structure, odor, and color, and thus, is usually administered in modified formula with other active compounds. While Saiful Anwar General Hospital Forensic Department has long developed an embalming mixture to address these postembalming change in the human remains, the suitability of those remains as anatomical education cadavers remains to be answered. To study this, 40 rats were divided into 8 groups: Positive Control, Treatment 1 with 11,34% formaldehyde, Treatment 2 with 6,72% formaldehyde, Treatment 3 with 3,7% formaldehyde, Control without submersion (TR), Treatment 1 TR, Treatment 2 TR, and Treatment 3 TR. Rats were euthanatized and subsequently injected with different embalming fluids transcardially. Groups with submersion were submerged in the same embalming solution with their transcardial injection. After one week, the embalmed remains were dissected and kept for four weeks. Then the cadavers were examined for their discoloration, odor production, histological structure alteration, and mold growth size. Nonparametric statistic resulted in significant difference between Treatment 1 and 2 to Treatment 1 and 2 TR in muscular color, odor, histological structure, and mold growth. Significant difference was also found for muscular color between Treatment 1 and 2 to Positive Control. Thus it can be concluded that Forensic Department of RSSA's embalming fluid could preserve cadaver's muscle color, preserve histological appearance of muscle and skin, and prevent the growth of mould, but can't preserve cadaver's skin color and repair cadaver's odor. Further treatment such as submersion is needed for the embalming fluid to achieve the result for four months duration.

Keywords: anatomy, cadaver, formaldehyde, preservation, preservative

ABSTRAK

Wijaya, Pedro Gonzalez Agung Raka. 2018. **Pengaruh Larutan Pengawet Departemen Forensik RSSA Sebagai Senyawa Preservasi Pada Kadaver Hewan Coba**. Tugas Akhir, Program Studi Sarjana Kedokteran, Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya. Pembimbing: (1) dr. Obed Trinurcahyo Kinantyo Paundralingga, M.Sc (2) dr. Eriko Prawestingtyas, Sp.F.

Penggunaan formalin sebagai bahan pengawet menyebabkan gejala fisik pada mahasiswa dan perubahan struktur jaringan, tekstur jaringan, bau kadaver, dan warna pada kadaver. Hal ini menyebabkan pengawetan dengan formalin murni perlu dimodifikasi. Laboratorium Forensik Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Rumah Sakit Saiful Anwar (FKUB RSSA) mengembangkan formula pengawet karena formalin menyebabkan kerusakan tampilan jenazah. Akan tetapi, efektivitas larutan pengawet Departemen Forensik RSSA pada setting pembelajaran anatomi belum terbukti. Untuk membuktikan ini, digunakan 40 ekor tikus yang dibagi menjadi 8 kelompok yaitu Kontrol positif, Perlakuan 1 dengan kadar formalin 11,34%, Perlakuan 2 dengan kadar formalin 6,72%, Perlakuan 3 dengan kadar formalin 3,7%, Kontrol tanpa rendam (TR), Perlakuan 1 TR, Perlakuan 2 TR, dan Perlakuan 3 TR. Tikus dieuthanasia lalu diinjeksi dengan bahan pengawet di jantung. Setelah diinjeksi, dilakukan perlakuan berupa perendaman selama 1 minggu pada kelompok Kontrol Positif, Perlakuan 1, Perlakuan 2, dan Perlakuan 3 dan pembungkusan dengan plastic pada kelompok lain. Setelah 1 minggu tikus didiseksi dan disimpan lagi selama 4 minggu, lalu diambil data warna, bau, struktur jaringan, dan pertumbuhan jamur pada kadaver, yang mana berpengaruh dalam pembelajaran anatomi. Uji nonparametrik menghasilkan beda signifikan Perlakuan 1 dan 2 terhadap pasangan tanpa perendaman pada parameter warna otot, bau, struktur jaringan, dan pertumbuhan jamur. Perbedaan signifikan juga didapat pada parameter warna otot antara Perlakuan 1 dan 2 terhadap Kontrol Positif. Dari analisis disimpulkan bahwa larutan pengawet Departemen Forensik RSSA dapat mempertahankan warna jaringan otot kadaver, struktur jaringan otot dan kulit, serta mencegah pertumbuhan jamur pada kadaver namun tidak terbukti dapat mempertahankan warna kulit dan memperbaiki bau kadaver. Dibutuhkan perlakuan tambahan berupa perendaman supaya larutan pengawet dapat mempertahankan warna, struktur jaringan, dan mencegah pertumbuhan jamur, sehingga kadaver dapat digunakan untuk pembelajaran anatomi untuk batas waktu empat bulan sesuai rentang waktu penelitian.

Kata kunci: anatomi, kadaver, formalin, pengawet, pengawetan

ABSTRACT

Wijaya, Pedro Gonzalez Agung Raka. 2018. **The Applicability of Saiful Anwar Embalming Fluid as a Preservative on Small Animal Remains**. Final Assignment, Medical Program, Faculty of Medicine, Brawijaya University. Supervisors: (1) dr. Obed Trinurcahyo Kinantyo Paundralingga, M.Sc (2) dr. Eriko Prawestiningtyas, Sp.F.

The administration of formaldehyde alone as a preservative in embalming causes physical symptoms in students and alterations in the cadaveric tissue structure, odor, and color, and thus, is usually administered in modified formula with other active compounds. While Saiful Anwar General Hospital Forensic Department has long developed an embalming mixture to address these postembalming change in the human remains, the suitability of those remains as anatomical education cadavers remains to be answered. To study this, 40 rats were divided into 8 groups: Positive Control, Treatment 1 with 11,34% formaldehyde, Treatment 2 with 6,72% formaldehyde, Treatment 3 with 3,7% formaldehyde, Control without submersion (TR), Treatment 1 TR, Treatment 2 TR, and Treatment 3 TR. Rats were euthanatized and subsequently injected with different embalming fluids transcardially. Groups with submersion were submerged in the same embalming solution with their transcardial injection. After one week, the embalmed remains were dissected and kept for four weeks. Then the cadavers were examined for their discoloration, odor production, histological structure alteration, and mold growth size. Nonparametric statistic resulted in significant difference between Treatment 1 and 2 to Treatment 1 and 2 TR in muscular color, odor, histological structure, and mold growth. Significant difference was also found for muscular color between Treatment 1 and 2 to Positive Control. Thus it can be concluded that Forensic Department of RSSA's embalming fluid could preserve cadaver's muscle color, preserve histological appearance of muscle and skin, and prevent the growth of mould, but can't preserve cadaver's skin color and repair cadaver's odor. Further treatment such as submersion is needed for the embalming fluid to achieve the result for four months duration.

Keywords: anatomy, cadaver, formaldehyde, preservation, preservative

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembelajaran anatomi telah menjadi suatu dasar fundamental dari ilmu kedokteran. Hal tersebut sejalan dengan suatu ungkapan populer dalam bahasa Latin yakni *nulla medicine sine anatomia* yang bermakna tidak ada kedokteran tanpa ilmu anatomi. Ilmu anatomi sendiri tidak dapat terpisahkan dari diseksi.

Diseksi sebagai salah satu metode pembelajaran anatomi dikatakan sebagai suatu tonggak pembelajaran ilmu kedokteran dasar yang akurat (Balta, Cronin, Cryan, 2015). Metode ini juga berperan dalam menyediakan kadaver untuk pembelajaran anatomi melalui metode proseksi, yakni metode pembelajaran anatomi menggunakan kadaver yang telah didiseksi sebelumnya.

Sejarah mencatat diseksi anatomi terhadap manusia pertama kali dilakukan secara akurat oleh Andreas Vesalius. Vesalius melakukan diseksi untuk mengembangkan ilmu kedokteran, yang sebelumnya berpedoman pada hasil penelitian Galen. Melalui bukunya yang berjudul *De Humani Corporis Fabrica*, Vesalius membuktikan ilmu anatomi menurut Galen tidak akurat karena didasarkan pada hewan seperti anjing atau kera (Vesalius, 1543). Hal ini dapat dibuktikan karena Vesalius melakukan anatomi langsung pada kadaver manusia, yang pada saat itu didapatkan dari korban eksekusi, jenazah yang dicuri dari pemakaman, kriminal yang mati dalam penjara, korban perang, korban pembunuhan, maupun jenazah yang tidak diklaim. Seturut perkembangan zaman, kadaver kini didapatkan dari donasi orang yang meninggal sesuai wasiat (Balta, Cronin, Cryan, 2015). Dalam pembelajaran anatomi, kadaver memainkan peranan penting sebagai bahan pembelajaran anatomi. Kadaver ini sendiri dapat

dibedakan menjadi *fresh cadaver* (kadaver segar) dan *embalmed cadaver* (kadaver terawetkan).

Pengawetan adalah suatu proses kimiawi yang dilakukan untuk memelihara kondisi dan mendesinfeksi tubuh manusia yang sudah mati. Menurut American Board of Funeral Service Education, pengawetan adalah suatu proses yang memberikan perlakuan kimiawi pada jenazah manusia untuk mengurangi keberadaan dan pertumbuhan mikroorganisme, untuk menghambat dekomposisi organik, dan untuk mengembalikan tampilan fisik yang dapat diterima. Bahan pengawet yang digunakan dalam proses tersebut akan mempengaruhi protein tubuh, menonaktifkan enzim autolitik tubuh, dan membunuh bakteri patogen serta non patogen (Mayer, 2006). Salah satu bahan pengawet yang paling sering digunakan adalah formalin.

Secara tradisional, kadaver diawetkan dengan formalin dan penggunaan formalin ini telah dilakukan sejak puluhan tahun (Eisma, Lamb, Soames, 2013). Formalin atau formaldehide adalah suatu senyawa berbau yang ditemukan pada tahun 1856 oleh August von Hofmann dan sejak 1893 telah digunakan sebagai pengawet kadaver (Balta, Cronin, Cryan, 2015). Meski dapat mengawetkan kadaver hingga bertahun-tahun, penggunaan formalin ini tidak tanpa efek samping. Łukasz Pietrzyk et al mengatakan bahwa dalam *setting* pembelajaran anatomi, formalin bahkan dalam kadar rendah ($0,53\text{mg}/\text{m}^3$) tetap menyebabkan gejala fisik pada mahasiswa kedokteran. Gejala fisik yang muncul antara lain adalah mata merah, mata kering dan perih, rhinorrhea, bersin, dan sakit kepala pada lebih dari 50% mahasiswa peserta pembelajaran. Gejala lain yang muncul adalah batuk dan tenggorok kering. Hal ini terutama terjadi pada mahasiswa dengan riwayat alergi dan mahasiswa perempuan (Pietrzyk, 2016).

Pengawetan kadaver dengan formalin bukanlah satu-satunya cara yang tersedia. Sejak masa Mesir kuno, manusia telah mencoba berbagai formula

larutan untuk mengawetkan kadaver dan sejak 1893, secara ilmiah manusia selalu mencoba meningkatkan kualitas pengawetan kadaver (Balta, Cronin, Cryan, 2015). Penggunaan formalin sebagai salah satu cara pengawetan kadaver secara konvensional memiliki banyak kekurangan, di antaranya struktur jaringan, tekstur jaringan, bau kadaver, dan warna kadaver. Hal ini menyebabkan metode pengawetan kadaver dengan formalin perlu diganti. Salah satu metode yang sedang dikembangkan adalah metode pengawetan Thiel (Healy, 2015).

Metode Thiel berhasil menutupi kekurangan metode konvensional sebelumnya. Namun metode ini tidak banyak dikenal. Dari 109 pusat pendidikan kedokteran dengan laboratorium anatomi, hanya 11 yang mengenal dan menggunakan metode Thiel. Kesebelas pusat pendidikan tersebut juga terletak di Eropa. Metode Thiel juga kurang dikenal karena publikasi umumnya dalam bahasa Jerman (Benkhadra, 2010). Selain itu, metode ini memiliki biaya yang mahal dan senyawa pengawetnya dikhawatirkan berpotensi sebagai biohazard (Hammer, Löffler, Feja, 2012).

Laboratorium Forensik FKUB RSSA mengembangkan formula pengawet yang ditujukan untuk pengawetan jenazah sebelum pemakaman, baik untuk upacara tradisional, untuk proses hukum, maupun untuk transportasi jenazah. Pengembangan formula ini dilakukan karena kekurangan formalin yang menyebabkan kerusakan tampilan jenazah, sehingga kurang memuaskan untuk pelayanan pemakaman. Beberapa kadaver yang diawetkan dengan larutan ini juga telah dikirim ke Laboratorium Anatomi FKUB sebagai bahan pembelajaran anatomi dan diseksi. Akan tetapi, belum ada penelitian yang membuktikan efektivitas larutan pengawet Departemen Forensik RSSA pada setting pembelajaran anatomi.

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah warna kadaver, bau kadaver, struktur jaringan histologis kadaver, dan pertumbuhan jamur pada

kadaver. Warna kadaver penting untuk memudahkan mahasiswa mengidentifikasi struktur makros pada kadaver. Bau kadaver diteliti karena bau, misalnya bau formalin, dapat mengganggu mahasiswa selama pembelajaran anatomi. Struktur jaringan diteliti untuk melihat pengawetan dari sisi histologi. Sedangkan pertumbuhan jamur diteliti karena pertumbuhan jamur dapat merusak kadaver, sehingga tidak dapat digunakan dalam pembelajaran anatomi. Harapan penelitian ini, larutan pengawet Departemen Forensik RSSA dapat digunakan sebagai bahan pengawet kadaver untuk pembelajaran anatomi dan menyebabkan gejala fisik yang minimal pada mahasiswa peserta pembelajaran.

1.2 Rumusan Masalah

- 1.2.1 Apakah larutan pengawet Departemen Forensik RSSA mampu mempertahankan warna jaringan kadaver hewan coba *Rattus norvegicus*?
- 1.2.2 Apakah larutan pengawet Departemen Forensik RSSA mampu memperbaiki bau kadaver hewan coba *Rattus norvegicus*?
- 1.2.3 Apakah larutan pengawet Departemen Forensik RSSA mampu mempertahankan struktur jaringan kadaver hewan coba *Rattus norvegicus*?
- 1.2.4 Apakah larutan pengawet Departemen Forensik RSSA mampu mencegah pertumbuhan jamur pada kadaver hewan coba *Rattus norvegicus*?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Umum

Memperoleh bukti bahwa larutan pengawet Departemen Forensik RSSA mampu mengawetkan kadaver hewan coba *Rattus norvegicus* sehingga dapat digunakan sebagai pengawet kadaver untuk pembelajaran anatomi.

1.3.2 Khusus

1.3.2.1 Memperoleh bukti bahwa larutan pengawet Departemen Forensik RSSA mampu mempertahankan warna jaringan kadaver hewan coba *Rattus norvegicus*.

1.3.2.2 Memperoleh bukti bahwa larutan pengawet Departemen Forensik RSSA mampu memperbaiki bau kadaver hewan coba *Rattus norvegicus*.

1.3.2.3 Memperoleh bukti bahwa larutan pengawet Departemen Forensik RSSA mampu mempertahankan struktur jaringan kadaver hewan coba *Rattus norvegicus*.

1.3.2.4 Memperoleh bukti bahwa larutan pengawet Departemen Forensik RSSA mampu mencegah pertumbuhan jamur pada kadaver hewan coba *Rattus norvegicus*.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Akademik

Hasil penelitian dapat dijadikan bahan untuk pengembangan ilmu pengetahuan mengenai pengawetan kadaver.

1.4.2 Manfaat Praktis

Larutan pengawet Departemen Forensik RSSA dapat digunakan sebagai bahan preservasi kadaver pengajaran anatomi di FKUB.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jenazah

Jenazah atau orang mati adalah orang dengan keadaan hilangnya semua tanda kehidupan secara permanen disebabkan oleh kematian batang otak atau berhentinya fungsi kardiorespirasi, yang terjadi pada waktu kapanpun selepas kelahirannya. Kematian batang otak sendiri adalah keadaan semua fungsi batak otak tidak bekerja lagi secara permanen dan tidak dapat kembali ke keadaan semula. Tanda dari kematian batang otak antara lain adalah pupil yang terdilatasi dan terfiksasi, hilangnya respons motorik saraf kranial, hilangnya refleks kornea, hilangnya refleks vestibulo-ocular, hilangnya gag refleks, dan hilangnya napas spontan (Vij, 2011).

Kadaver adalah jenazah yang didonasikan untuk memberi kontribusi pada pendidikan kedokteran. Kadaver harus diperlakukan dengan rasa hormat sama seperti perlakuan kepada pasien hidup. Umumnya zat pengawet disuntikkan ke dalam kadaver untuk mengawetkan kadaver dan menghindari pembusukan. Kadaver juga dipertahankan pada keadaan yang lembap, baik dengan cara pembungkusan maupun dengan cara pembenaman. Bila kadaver menjadi kering, tidak dapat dikembalikan ke keadaan semula dan akan menyulitkan pembelajaran (Tank, 2013).

2.2 Pembusukan

Menurut Mayer (2006), pembusukan adalah pemisahan senyawa menjadi zat yang lebih sederhana dengan bantuan enzim mikrobial atau enzim autolitik. Proses pembusukan dimulai sejak kematian. Sedangkan menurut Kamus Merriam-Webster, pembusukan adalah perpisahan atau resolusi menjadi bagian-

bagian yang lebih kecil atau menjadi senyawa yang lebih sederhana. Menurut KBBI, pembusukan adalah proses, cara, perbuatan menjadi atau menjadikan busuk. Busuk sendiri dapat diartikan baik sebagai rusak dan berbau tidak sedap maupun sebagai keadaan yang ditandai dengan penghancuran jaringan sebagai hasil aktivitas jamur dan bakteri.

Proses pembusukan adalah suatu kejadian alam yang dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor tersebut antara lain temperatur, kelembapan, dan aktivitas mikroorganisme, invertebrata, dan *scavenger*. Mikroba tanah juga diketahui mempercepat laju pembusukan dua hingga tiga kali pada model *in vivo* pada tikus (Lauber, Metcalf, Keepers, Ackermann, Carter, et Knight, 2014).

Menurut Vass, pembusukan pada manusia dimulai sekitar empat menit selepas kematian. Seluruh proses pembusukan ini diawali dengan kejadian autolisis. Dengan habisnya oksigen dalam tubuh, karbon dioksida di dalam darah meningkat, menyebabkan penurunan pH dan penumpukan senyawa ekskresi. Selain itu, enzim intrasel seperti lipase, protease, dan amilase juga mulai merusak sel dari dalam yang akan berakibat pecahnya sel dan lepasnya cairan kaya nutrisi.

Proses autolisis ini berlangsung lebih cepat di jaringan dengan lebih banyak enzim dan jaringan dengan lebih banyak cairan. Autolisis umumnya tidak nampak secara visual pada hari-hari awal selepas kematian. Salah satu tanda awal terjadinya proses autolisis adalah munculnya vesikel berisi air di kulit dan lipatan kulit jenazah. Bersamaan dengan munculnya tanda ini, jenazah juga telah mencapai keadaan *algor mortis*, *livor mortis*, dan *rigor mortis*.

Selanjutnya, terjadi proses putrefikasi, yakni penghancuran jaringan menjadi cairan, gas, dan senyawa sederhana dengan bantuan bakteri, jamur, dan protozoa. Tanda berlangsungnya proses putrefikasi ini adalah berubahnya warna jenazah menjadi kehijauan. Hal ini karena penumpukan sulfahemoglobin

di darah di bawah kulit. Proses yang berhubungan dengan metabolisme anaerob ini berlangsung lebih cepat pada saluran pencernaan.

Bila pembusukan terjadi di lingkungan yang hangat dan lembap, putrefikasi dapat disertai dengan saponifikasi. Saponifikasi adalah perubahan lemak menjadi senyawa sabun karena pH yang tinggi. Tanda terjadinya proses ini adalah timbunan senyawa kekuningan dengan konsistensi seperti wax berminyak. Proses saponifikasi ini terutama dipercepat oleh bakteri *Clostridium sp.* (Vass, 2001).

2.3 Pengawetan

Sejak 2.000 tahun sebelum masehi manusia telah melakukan pengawetan terhadap jenazah. Catatan Herodotus mengenai pengawetan mumi di Mesir menyebutkan proses pengawetan dan bahan pengawet. Jenazah dibedah untuk diambil semua organnya, kecuali jantung yang tetap dibiarkan di dalam jenazah. Selanjutnya jenazah dibilas dengan air dan wewangian, dikeringkan dengan natron, lalu dilapisi resin dan dibungkus kain linen menjadi mumi. Bahan-bahan pengawet yang digunakan pada masa itu antara lain bitumen, lilin, minyak, resin, dan getah tanaman. Pada tahun 1600 hingga 1700, metode pengawetan yang berorientasi medis terus dikembangkan oleh para ahli (Saeed, 2001).

Dalam persepsi modern, pengawetan adalah suatu proses kimiawi yang dilakukan untuk memelihara kondisi dan mendesinfeksi tubuh manusia yang sudah mati. Akan tetapi, pengawetan yang dilakukan di pelayanan pemakaman memberikan pemeliharaan temporer untuk jenazah manusia, sehingga memungkinkan dilakukannya upacara sekular maupun upacara religius. Menurut American Board of Funeral Service Education, pengawetan adalah suatu proses yang memberikan perlakuan kimiawi pada jenazah manusia untuk mengurangi

keberadaan dan pertumbuhan mikroorganisme, untuk menghambat dekomposisi organik, dan untuk mengembalikan tampilan fisik yang dapat diterima (Mayer, 2006; Balta, Cronin, Cryan, 2015).

Dengan begitu, pengawetan memungkinkan perjalanan jenazah ke tempat yang jauh, semisal jenazah harus dipulangkan ke negara asal. Para pelayat juga dapat datang dari jauh tanpa takut jenazah akan membusuk. Selain itu, ketika dilayatkan, keadaan jenazah juga akan baik, tidak berbau, dan dapat dikenali oleh pelayat yang hadir.

Terdapat faktor intrinsik dan ekstrinsik yang mempengaruhi jangka waktu pemeliharaan keadaan jenazah oleh proses pengawetan. Faktor intrinsik antara lain proses patologis di dalam tubuh, keadaan sirkulasi, kelembapan tubuh, dan distribusi bahan pengawet. Faktor ekstrinsik antara lain jenis bahan pengawet yang digunakan, kekuatan dan volume bahan pengawet, dan iklim serta lingkungan kuburan, seperti kelembapan, jamur, bakteri, serangga, dan udara. Dalam keadaan yang ideal, jenazah dapat bertahan hingga bertahun-tahun. Akan tetapi, bila keadaan kurang baik, jenazah hanya dapat bertahan selama beberapa hari.

Bahan pengawet akan mempengaruhi protein tubuh. Sifat koloidal alami dari protein berubah dengan membentuk banyak jembatan silang yang sebelumnya tidak ada antarprotein tersebut. Proses ini menciptakan suatu anyaman yang kuat dan inert, sehingga tidak dapat dirusak dengan mudah baik oleh enzim bakterial maupun enzim autolitik tubuh. Selain itu, proses pengawetan juga merusak situs reaktif protein yang dapat mengikat air, sehingga jaringan yang diawetkan menjadi lebih kering, stabil, dan bertahan lama.

Senyawa antikuman di dalam bahan pengawet juga menonaktifkan enzim autolitik tubuh dan membunuh bakteri patogen dan non patogen, sehingga

jenazah yang diawetkan menjadi steril. Dengan sterilnya jenazah, peluang jenazah menjadi sumber persebaran penyakit akan berkurang.

Terdapat empat klasifikasi cara pengawetan, yakni pengawetan vaskular, pengawetan rongga, pengawetan hipodermis, dan pengawetan permukaan.

Keempat cara tersebut dapat dikombinasikan satu sama lain. Pengawetan vaskular atau arterial memanfaatkan sistem vaskular tubuh untuk mencapai tujuan pengawetan. Hal ini dilakukan dengan menyuntikkan bahan pengawet ke dalam arteri jenazah. Proses ini dapat mengawetkan jenazah seutuhnya. Di saat bahan pengawet dimasukkan, darah dapat diambil keluar melalui vena. Bila bahan pengawet masuk melalui arteri besar seperti arteri carotis atau femoralis, zat akan mengalir sampai ke aorta ascendens tetapi tidak masuk ke jantung, karena cairan akan menutup valva semilunaris. Dari aorta ascendens, cairan akan menyebar ke seluruh tubuh. Pada akhirnya, bahan pengawet harus melalui sistem kapiler yang berdiameter 7 sampai 9 mikrometer, yang menghubungkan arteriola dan venula, untuk mencapai jaringan perifer dan protein tubuh. Akan tetapi, banyak rongga tubuh yang tidak dapat dicapai dengan cara pengawetan vaskular. Karena itulah pengawetan rongga dibutuhkan.

Pengawetan rongga adalah pemeliharaan secara langsung untuk isi rongga tubuh, yakni rongga dada, perut, dan pelvis, sekaligus juga permukaan rongga tersebut. Proses pengawetan rongga dilakukan dalam dua tahap, yakni aspirasi cairan rongga dan dilanjutkan dengan injeksi bahan pengawet menggunakan trocar.

Pengawetan hipodermis adalah injeksi bahan pengawet langsung ke jaringan jenazah dengan jarum dan spuit atau trocar. Prosedur ini biasanya bersifat tambahan bila jenazah tidak dapat dirawat seutuhnya menggunakan pengawetan vaskular. Area perawatan bukan hanya terlokalisasi, seperti jari atau

dagu, melainkan juga bisa luas, seperti dinding perut atau dinding dada, terutama pada jenazah yang sudah diautopsi.

Pengawetan permukaan adalah prosedur pengawetan dengan kontak langsung bahan pengawet. Gel pengawet atau material absorban dengan bahan pengawet dapat secara langsung diletakkan pada jaringan tubuh jenazah.

Bentuk lain yang dapat digunakan adalah spray aerosol, kompres katun, atau dioleskan dengan kuas. Sama seperti pengawetan hipodermis, prosedur ini bersifat tambahan bila pengawetan vaskular tidak terlaksana sempurna atau tidak mungkin dilakukan. Prosedur ini terutama digunakan untuk permukaan kulit, kelopak mata, mulut, atau pada jenazah yang sudah diautopsi (Mayer, 2006).

2.4 Pengawetan untuk Tujuan Pembelajaran

Pengawetan jenazah atau kadaver dilakukan untuk tujuan seremonial, keagamaan, emosional, maupun untuk tujuan medis. Pengawetan kadaver adalah suatu kebutuhan untuk pengajaran anatomi makros bagi mahasiswa kedokteran maupun mahasiswa di bidang kesehatan. Untuk mencapai tujuan ini, kadaver harus dinyatakan aman, yakni bebas dari keberadaan *human immunodeficiency virus* (HIV) dan diawetkan dengan penggunaan formalin yang minimal, karena formalin memiliki sifat mitogen yang dapat memicu pertumbuhan neoplasma.

Kadaver yang belum diawetkan harus ditangani dengan perlindungan diri seperti menghadapi pasien hidup dengan penyakit menular. Setelah kadaver diterima di kamar mayat, contoh darah diambil melalui jantung atau melalui pembuluh darah untuk pemeriksaan HIV. Kadaver lalu disimpan di suhu 3°C sampai hasil lab keluar. Kadaver dengan hasil pemeriksaan HIV positif harus segera dikremasi. Hepatitis dapat ditularkan ke petugas pengawetan, tetapi tidak

berbahaya selepas pengawetan bagi peserta pengajaran anatomi (Cornwall, 2009; MacDonald, 1997).

Untuk tujuan pembelajaran, pengawetan harus mencapai empat hal berikut. Pertama, pengawetan harus sempurna dan menyeluruh, tidak menyisakan bagian perifer kadaver. Kedua, kualitas kelenturan jaringan juga harus menyerupai asli, yakni menyerupai kelenturan jaringan pada kadaver segar. Ketiga, senyawa yang digunakan juga diupayakan mempertahankan warna jaringan. Keempat, kelenturan dan warna pembuluh darah juga diupayakan tetap sesuai dengan yang asli (Brenner, 2014).

2.5 Kadaver untuk Tujuan Pembelajaran

Pengajaran anatomi makros menggunakan kadaver telah menjadi dasar bagi pengajaran kedokteran selama berabad-abad. Tetapi penggunaan kadaver ini juga dipengaruhi oleh perilaku sosial, kebudayaan lokal, masalah etik, publisitas organ, harga kadaver, dan ketidakpastian nilai edukasi dari diseksi kadaver. Hal-hal tersebut telah membatasi akses sekolah kedokteran dan institusi anatomi untuk mendapatkan kadaver. Sehubungan dengan hal itu, beberapa institusi telah berhenti menggunakan kadaver untuk mengajarkan anatomi makros. Akan tetapi, beberapa institusi tetap mengajukan permohonan pengiriman kadaver secara rutin, sebagai contoh *The School of Medicine* di Universitas Auckland, Selandia Baru.

Pemilihan kadaver menjadi hal yang penting untuk melindungi peserta pembelajaran dari bahaya yang dapat disebabkan baik oleh kadaver maupun oleh bahan pengawet yang digunakan. Kadaver dengan riwayat kematian karena penyakit prion, HIV, tuberculosis, dan hepatitis secara aktif dihindari. Bahan pengawet yang digunakan juga terus dikembangkan supaya lebih aman.

Pengajaran menggunakan kadaver bisa jadi menakutkan bagi sebagian kecil peserta ajar. Akan tetapi mayoritas peserta ajar tidak mengalami tekanan emosional setelah kunjungan pertama menemui kadaver. Disebutkan bahwa pembelajaran anatomi menggunakan kadaver terutama dengan teknik diseksi memiliki keuntungan yang melebihi sekadar mempelajari anatomi (Cornwall, 2009).

Pembelajaran melalui kadaver melatih aktivitas psikomotor peserta ajar. Aktivitas psikomotor penting untuk meningkatkan daya orientasi dan spasial yang fundamental untuk keahlian dan pengalaman sebagai dokter. Melalui aktivitas psikomotor ini, retensi ilmu pengetahuan juga dapat dicapai (Saeed, 2001).

2.6 Penyimpanan dan Perawatan Kadaver

Kadaver yang telah diawetkan tidak perlu menjalani pengawetan ulang untuk penyimpanannya. Akan tetapi, bila dibiarkan di ruang terbuka, kadaver dapat menjadi kering dan mengeras karena penguapan bahan pengawet yang juga menjaga kelembapan kadaver. Oleh karena itu perlu dilakukan usaha untuk menjaga kelembapan dan kualitas kadaver. Kadaver dapat disimpan dengan cara direndam di dalam bahan pengawet atau di dalam etanol, dibungkus dengan lembaran plastik, atau dengan dibungkus dengan lembaran plastik lalu disimpan dalam ruang pendingin pada suhu 5°C. Untuk melembapkan kadaver yang sedang diletakkan di luar, dapat dilakukan penyemprotan menggunakan bahan pengawet (Brenner, 2014).

Setelah kadaver sudah digunakan selama beberapa tahun, misalnya empat tahun, penggunaan kadaver untuk tujuan pendidikan akan dihentikan (Eisma, Lamb, Soames, 2013). Kadaver selanjutnya harus diperlakukan seperti halnya jenazah manusia pada umumnya. Sebagai contoh, bilamana mendiagnosa pemilik tubuh menginginkan kadavernya untuk dimakamkan, pihak fakultas

kedokteran berkewajiban melaksanakan pemakaman. Namun, apabila kadaver tersebut berasal dari jenazah tidak beridentitas, kadaver dapat juga dikremasi dengan rasa hormat sama seperti terhadap seseorang dengan identitas (Dyer, 2016).

2.7 Bahan Pengawet

Bahan pengawet harus memenuhi fungsi sebagai berikut. Bahan tersebut harus mensterilkan kadaver sehingga tidak ada risiko penularan penyakit dari kadaver. Bahan pengawet harus menjaga kualitas kadaver dan mencegah terjadinya pembusukan dan pertumbuhan mikroorganisme. Selain pembusukan, bahan juga harus mencegah berkembangnya belatung dan serangga di kadaver yang diawetkan. Sebagai nilai tambah, bahan pengawet yang digunakan sebaiknya bisa mempertahankan warna dari jaringan kadaver serta mempertahankan struktur organ dan jaringan kadaver. Namun begitu, bahan pengawet yang digunakan sebaiknya memiliki potensi biohazard yang rendah dan ramah lingkungan (Brenner, 2014; Hayashi, Homma, Naito, Oda, Nishiyama, et al, 2014).

Menurut fungsinya, bahan pengawet dapat dikategorikan menjadi bahan preservatif, disinfektan, agen modifikasi, pewarna, vehikula, dan pewangi. Contoh golongan bahan preservatif adalah turunan aldehida, yakni formaldehida atau formalin, gliseraldehida, dan oxaldehida, tetrakis(hidroksimetil)fosfonium klorida, 1-metil-3-oktilosimetilimida-zolium tetrafluoroborat, alkohol, natrium nitrat, dan asam borat. Contoh turunan alkohol antara lain etanol, isopropanol, dan fenoksietanol. Contoh golongan disinfektan adalah fenol beserta turunannya, benzalkonium klorida, dan tetradekilamin.

Agan modifikasi dapat dibagi menjadi buffer, surfaktan, dan antikoagulan.

Buffer adalah senyawa yang digunakan untuk mempertahankan pH kadaver

pada pH 7,38-7,40. Contoh senyawa yang digunakan sebagai buffer adalah boraks, natrium bikarbonat, natrium karbonat, dan magnesium karbonat. Secara khusus boraks juga menghambat pembusukan oleh *mould* dan bakteri.

Senyawa surfaktan adalah senyawa yang digunakan untuk mempertahankan kelembapan jaringan dan membasahi kadaver. Salah satu contoh senyawa surfaktan yang sering digunakan adalah gliserin. Sebagai tambahan, gliserin tidak memiliki sifat disinfektan, tetapi dapat meningkatkan fungsi formalin sebagai antimikroba. Senyawa surfaktan lain yang dapat digunakan adalah kloral hidrat, monoetilen glikol, dan sorbitol (Brenner, 2014; Mayer, 2006).

Hingga saat ini, hanya senyawa kimia murni yang dapat digunakan sebagai pengawet dengan tujuan anatomis. Bahan pengawet herbal atau bahan pengawet yang berasal dari tanaman tidak dapat menghasilkan spesimen anatomi yang bertahan lama. Bahan-bahan tersebut memiliki sifat disinfektan dan preservatif yang memberikan sifat pengawet yang baik hanya selama 3 sampai 5 hari (Mayer, 2006).

2.8 Formalin

Formalin adalah senyawa berstruktur kimia CH_2O . Senyawa ini juga dikenal dengan nama IUPAC metanone (Pubchem, 2017). Formalin atau formaldehida adalah bahan pengawet yang baik dan masih menjadi bahan pengawet pilihan untuk kadaver anatomi. Bahan ini mengkoagulasi protein, mengeraskan jaringan, dan mensterilkan jaringan. Formalin juga menyebabkan pembentukan anyaman protein antarjaringan yang menyulitkan invasi mikroorganisme. Akan tetapi, kemampuan difusi formalin ke dalam jaringan kurang baik. Efek formalin bagi jaringan kadaver antara lain perubahan warna jaringan, kekakuan sendi, dan pengeringan organ dalam. Penggunaan formalin

juga menyebabkan perlunya pelembapan secara periodik bagi kadaver, karena kadaver yang diawetkan dengan formalin mudah mengering. Bagi pengguna kadaver, uap formalin bersifat iritan bagi mata, saluran pernapasan, serta bersifat karsinogenik. Karena uap yang iritan, penggunaan formalin menjadi terbatas (Balta, Cronin, Cryan, 2015 ; Saeed, 2001).

Efek paparan formalin yang sering dikeluhkan peserta didik pembelajaran anatomi menggunakan kadaver adalah bau yang tidak menyenangkan, perih di mata, dan produksi air mata berlebih. Efek tersebut dapat menghilang dalam waktu satu jam. Gangguan kulit yang dapat terjadi pada paparan formalin antara lain kulit kering, eczema, dan dermatitis kontak alergika. Keluhan lain yang dapat muncul adalah rasa haus yang tidak biasa, mata terasa terbakar, mata gatal, perasaan buruk, dan kelelahan (Elshaer, Mahmoud, 2016; Gurbuz, Coskun, Liman, Anil, Turgut, 2016).

Pada penelitian oleh Uthiravelu dan kolega (2015), ditemukan bahwa paparan formalin selama 5 tahun pada pegawai di bidang anatomi dapat menurunkan FVC secara bermakna. Penelitian tersebut tidak menyertakan pegawai yang merokok, memiliki riwayat asthma, dan memiliki riwayat PPOK. Hal ini berarti paparan formalin dalam jangka panjang dapat menurunkan kemampuan ventilasi seseorang.

2.9 Gliserin

Gliserin adalah senyawa kimia dengan rumus molekul $C_3H_8O_3$. Gliserin juga dikenal dengan nama lain gliserol, gliserine, 1,2,3-propanetriol, dan glisil alkohol. Senyawa ini adalah alkohol gula trihidroksi yang menjadi penengah metabolisme lemak dan karbohidrat. Gliserin digunakan sebagai pelarut, pelembap, vehikula farmasi, dan pemanis (Pubchem, 2017).

Penggunaan gliserin bertujuan untuk melawan kecenderungan jaringan untuk mengering selama diseksi atau proses pembelajaran anatomi. Gliserin juga membuat jaringan lebih lentur. Senyawa ini penting untuk fiksasi jaringan dan untuk mempertahankan warna jaringan. Kelemahan senyawa ini adalah harganya yang lebih mahal (Balta, Cronin, Cryan, 2015; Saeed, 2001).

Gliserin dapat bersifat sebagai alergen. Paparan gliserin dapat meningkatkan pelepasan histamin, memicu imunitas sel, dan peningkatkan produksi IgG. Gliserin juga meningkatkan osmolalitas plasma darah, sehingga menarik cairan dari jaringan ke plasma dan cairan intersisial (Pubchem, 2017).

2.10 Alkohol

Alkohol adalah senyawa kimia dengan rumus molekul $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$. Alkohol juga memiliki nama lain etanol, etil alkohol, metilkarbinol, alkohol gandum, dan etil hidroksida. Dalam IUPAC alkohol disebut sebagai etanol untuk membedakan dengan senyawa alkoholik lain, misalnya metanol. Etanol adalah cairan jernih dan tidak berwarna yang memiliki sifat bakterisidal dan dapat digunakan sebagai disinfektan topikal (Pubchem, 2017).

Etanol adalah jenis alkohol yang paling sering digunakan dalam proses pengawetan. Senyawa ini dapat digunakan sebagai larutan murni atau sebagai campuran dengan bahan pengawet lainnya. Tujuan penggunaannya adalah untuk membatasi pertumbuhan mikroba. Etanol bekerja melalui denaturasi protein dan disolusi lipid. Dalam fungsinya sebagai pembatas pertumbuhan mikroba, etanol terbukti efektif menghambat pertumbuhan bakteri dan fungi, tetapi tidak efektif untuk endospora, prion, atau virus (Demiryürek, Bayramoğlu, Ustaçelebi, 2002).

Meskipun beberapa turunan alkohol bersifat racun, senyawa ini tidak menimbulkan uap berbahaya pada suhu lingkungan. Selain itu, efek alkohol pada

kadaver juga tidak merusak. Balta et al (2015) melaporkan bahwa kadaver yang diawetkan dengan alkohol tidak mengalami pengerasan kulit, pengelupasan kulit, perubahan warna, dan kekakuan sendi. Kualitas tersebut dapat bertahan 6 bulan hingga 1 tahun selepas pengawetan.

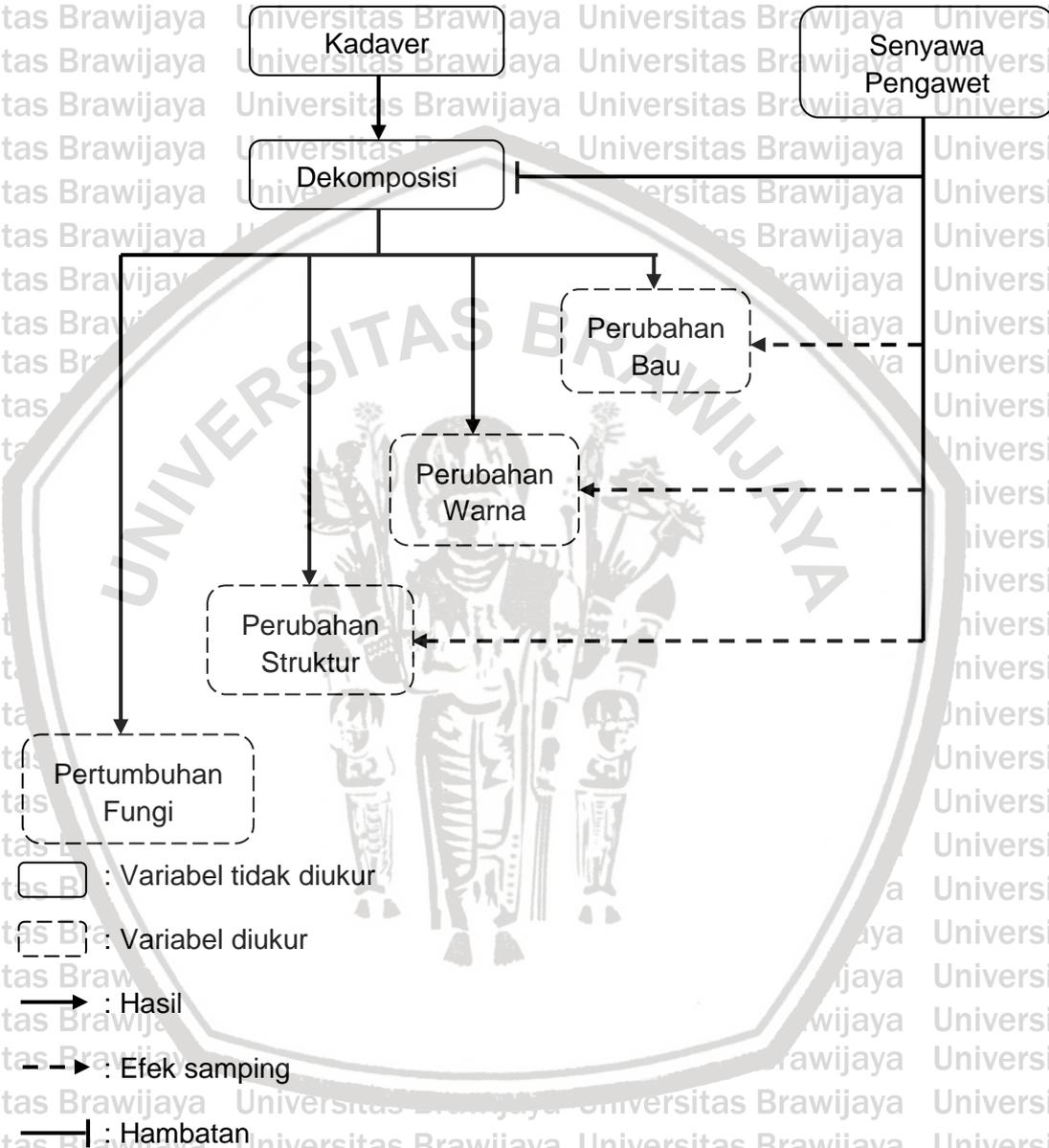
Alkohol etanol dapat digunakan bersama gliserin sebagai larutan etanol-gliserin. Larutan ini menghasilkan kadaver dengan otot yang lentur dan lumen saluran pencernaan dan kemih yang kosong. Selain itu, larutan ini memiliki sifat bakterisidal dan fungisidal yang baik (Balta, Cronin, Cryan, 2015).



BAB III

KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS PENELITIAN

3.1 Kerangka Konsep



Kadaver sebagai struktur organik dapat mengalami dekomposisi protein.

Tanda dari dekomposisi antara lain perubahan struktur jaringan, perubahan warna jaringan, dan perubahan bau. Dekomposisi ini juga disertai dengan tumbuhnya fungi saprofit. Senyawa pengawet dipaparkan kepada kadaver untuk menghambat laju dekomposisi protein, sehingga mencegah pertumbuhan fungi,

perubahan struktur, perubahan warna, dan perubahan bau karena dekomposisi.

Akan tetapi, senyawa pengawet juga diketahui menyebabkan perubahan struktur, perubahan warna, dan perubahan bau, terlepas dari fungsinya menghambat dekomposisi.

3.2 Hipotesis Penelitian

3.2.1 Larutan pengawet Departemen Forensik RSSA mampu mempertahankan warna jaringan kadaver hewan coba *Rattus norvegicus*.

3.2.2 Larutan pengawet Departemen Forensik RSSA mampu memperbaiki bau kadaver hewan coba *Rattus norvegicus*.

3.2.3 Larutan pengawet Departemen Forensik RSSA mampu mempertahankan struktur jaringan kadaver hewan coba *Rattus norvegicus*.

3.2.4 Larutan pengawet Departemen Forensik RSSA mampu mencegah pertumbuhan jamur pada kadaver hewan coba *Rattus norvegicus*.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain eksperimental quasi (*quasi experimental design*) di laboratorium secara in vivo menggunakan rancangan *Randomized Group Post Test Only Design*.

4.2 Populasi dan Sampel

Sampel penelitian adalah model kadaver tikus ekor panjang (*Rattus norvegicus*) dewasa yang memiliki berat 1-2 kg. Perhitungan besarnya pengulangan pada sampel adalah sebagai berikut (Supranto, 2000):

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

t : jumlah perlakuan, r : jumlah ulangan

Pada penelitian ini t = 8 sehingga jumlah pengulangan adalah:

$$7(r-1) \geq 15$$

$$r-1 \geq 15:7$$

$$r-1 \geq 2,14$$

$$r \geq 3,14$$

Jadi dalam penelitian ini jumlah sampel tiap perlakuan adalah 4 ekor.

4.3 Variabel Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah injeksi formalin dan bahan pengawet Departemen Forensik RSSA yang dibagi dalam kelompok:

1. Kelompok Kontrol: kelompok kontrol positif (kadaver tikus yang diinjeksi formalin 37% terlarut dalam air dengan perbandingan 1:3) lalu direndam dalam larutan pengawet yang sama

2. Kelompok 1: kadaver tikus yang diinjeksi bahan pengawet Departemen Forensik RSSA 50% lalu direndam dalam larutan pengawet yang sama

3. Kelompok 2: kadaver tikus yang diinjeksi bahan pengawet Departemen Forensik RSSA 100% lalu direndam dalam larutan pengawet yang sama

4. Kelompok 3: kadaver tikus yang diinjeksi bahan pengawet Departemen Forensik RSSA 200% lalu direndam dalam larutan pengawet yang sama

5. Kelompok Kontrol TR: kelompok kontrol positif (kadaver tikus yang diinjeksi formalin 37% terlarut dalam air dengan perbandingan 1:3) tetapi tidak direndam dalam larutan pengawet

6. Kelompok 1 TR: kadaver tikus yang diinjeksi bahan pengawet Departemen Forensik RSSA 50% tetapi tidak direndam dalam larutan pengawet

7. Kelompok 2 TR: kadaver tikus yang diinjeksi bahan pengawet Departemen Forensik RSSA 100% tetapi tidak direndam dalam larutan pengawet

8. Kelompok 3 TR: kadaver tikus yang diinjeksi bahan pengawet Departemen Forensik RSSA 200% tetapi tidak direndam dalam larutan pengawet

4.4 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Anatomi FK Universitas Brawijaya.

Rentang waktu penelitian selama empat bulan mulai Juli hingga September 2017.

4.5 Alat dan Bahan Penelitian

1. Euthanasia tikus

Alat: Handschoon, tupperware

Bahan: Kloroform 100 mL

2. Pencukuran bulu

Alat: Alat cukur pria dewasa 1 buah, silet 5 buah

3. Injeksi bahan pengawet

Kontrol positif dan kontrol TR: 1 liter formalin 37% diencerkan dalam 3 liter air

Perlakuan 1 dan 1 TR: 2 liter formalin 37%, 2 liter air, 1 liter gliserin, 0,5 liter alkohol, dan 1 liter parfum

Perlakuan 2 dan 2 TR: 1 liter formalin 37%, 2 liter air, 1 liter gliserin,
0,5 liter alkohol, dan 1 liter parfum

Perlakuan 3 dan 3 TR: 0,5 liter formalin 37%, 2 liter air, 1 liter gliserin,
0,5 liter alkohol, dan 1 liter parfum

Alat: penyemprot pestisida bertekanan, spuit 100 cc 1 buah, jarum 22

G 2 buah, jarum 18G 2 buah, infus set 1 buah, delapan tupperware

4. Pembenanaman kadaver

Kontrol positif: 1 liter formalin 37% diencerkan dalam 3 liter air

Perlakuan 1: 2 liter formalin 37%, 2 liter air, 1 liter gliserin, 0,5 liter
alkohol, dan 1 liter parfum

Perlakuan 2: 1 liter formalin 37%, 2 liter air, 1 liter gliserin, 0,5 liter
alkohol, dan 1 liter parfum

Perlakuan 3: 0,5 liter formalin 37%, 2 liter air, 1 liter gliserin, 0,5 liter
alkohol, dan 1 liter parfum

Alat: baskom plastik 32 buah, rak besi

Kontrol TR, Perlakuan 1 TR, Perlakuan 2 TR, dan Perlakuan 3 TR
tidak direndam.

5. Diseksi kadaver

Alat: pinset anatomis, pinset surgis, gunting tajam, gunting
metzenbaum, hemostat, handschoen nitril ukuran M

6. Penyimpanan kadaver

Alat: baskom plastik 32 buah, plastik pembungkus 32 lembar

7. Perawatan kadaver

Alat: botol semprot 1 buah

Bahan: alkohol, gliserin, fenol, downy biru

8. Pengukuran luas koloni fungi

Alat: grid luas koloni fungi, lampu meja

9. Pengukuran struktur jaringan secara mikroskopis

Alat: scalpel blade no. 11, handle scalpel no. 3, pinset anatomis, kaca penutup, kaca benda, mikroskop cahaya

Bahan: paraffin, alkohol 95%, alkohol 100%, hematoxylin stain, eosin Y 1% stain, air

10. Penilaian warna kadaver

Alat: Kuesioner

11. Penilaian bau kadaver

Alat: Kuesioner



Gambar 4.1 Alat dan Bahan Penelitian

Keterangan: Terlihat dalam gambar gunting dan klem untuk proses diseksi, plastik tergulung untuk membungkus kadaver tikus, penyemprot pestisida bertekanan sederhana (dengan tutup hijau) yang dihubungkan dengan selang infus sebagai alat injeksi, serta beberapa botol alkohol, formalin, dan gliserin. Di tengah gambar juga dapat terlihat tikus yang telah selesai direndam dan dalam proses pembungkusan, sedangkan di pojok kanan terlihat tikus yang masih direndam.

4.6 Definisi Operasional

- Kadaver: Kadaver adalah jenazah yang didonasikan untuk memberi kontribusi pada pendidikan kedokteran.

– *Rattus norvegicus* galur wistar: Galur tikus *Rattus norvegicus* dengan bulu putih dan ekor panjang yang memiliki berat 300 – 400 gram.

– Senyawa preservasi: Agen yang bereaksi dengan protein sehingga menyebabkan perubahan keadaan protein dari yang awalnya mudah terdekomposisi menjadi bertahan lama dan tidak membusuk. Formalin merupakan senyawa kimia yang paling sering digunakan untuk tujuan ini. Contoh senyawa lainnya adalah glutaraldehida, fenol, dan beberapa jenis alkohol. Reaksi antara senyawa dan protein yang menyebabkan denaturasi protein menghasilkan produk protein yang terstruktur ulang dan air (Mayer, 2006).

– Bahan Pengawet Departemen Forensik RSSA: Bahan pengawet yang dikembangkan oleh Departemen Forensik RSSA yang terdiri dari 1 bagian formalin 37%, 2 bagian air, 1 bagian gliserin, 0,5 bagian alkohol, dan 1 bagian parfum.

– Pengawetan: Usaha untuk mempertahankan kelenturan dan warna jaringan pada kadaver secara menyeluruh.

– Injeksi Bahan Pengawet: Memasukkan bahan pengawet melalui infus set ke dalam jantung dan sirkulasi darah tikus dengan bantuan tekanan dari alat penyemprot

– Formalin: Senyawa pengawet yang digunakan untuk mengkoagulasi protein, mengeraskan jaringan, dan mensterilkan jaringan

– Gliserin: Senyawa pengawet yang membuat jaringan lebih lentur dan lembap

– Alkohol: Senyawa pengawet yang menghambat pertumbuhan bakteri dan fungi

- Parfum: Downy Sunrise Fresh pelembut dan pewangi pakaian konsentrat
- Alat Penyemprot Pesticida Bertekanan: Penyemprot sederhana dengan volume 2 liter yang dibeli di Ace Hardware.
- Kuesioner: Borang berisi tabel pertanyaan untuk diisi oleh sukarelawan dalam penilaian kadaver.
- Bau menyenangkan: Keadaan ditemukan bau wangi atau tidak ada bau pada kadaver
- Bau tidak menyenangkan: Keadaan ditemukan bau busuk atau bau formalin pada kadaver
- Sel baik: Keadaan ditemukan gambaran membran sel dan inti sel pada jaringan kulit dan ditemukan gambaran sarkoplasma pada jaringan otot
- Sel rusak: Keadaan ditemukan gambaran sel yang lisis, yakni tidak ada gambaran membran sel, inti sel, dan sarkoplasma.

4.7 Prosedur Pengumpulan Data

1. Euthanasia tikus

Euthanasia tikus dilakukan dengan cara inhalasi kloroform di dalam wadah tertutup. Cara inhalasi ini layak digunakan untuk hewan pengerat dan kelinci dengan berat di bawah 7 kilogram. Target kerja obat anestesi inhalasi adalah depresi sistem saraf pusat. Tikus dibiarkan dalam wadah tertutup selama sepuluh menit. Bila tikus dikeluarkan lebih awal, tikus dapat kembali sadar karena sifat obat anestesi inhalasi yang reversibel. Selanjutnya dilakukan dislokasi servikal pada tikus untuk memastikan kematian. Untuk menghindari paparan obat anestesi pada peneliti, peneliti menggunakan masker.

Euthanasia dilakukan di ruangan terpisah dari tikus lain yang masih hidup (Leary, Steven, 2013; Universitas Marquette, 2015).

2. Pencukuran bulu tikus

Tikus yang sudah dieuthanasia diletakkan dalam posisi anatomis.

Selanjutnya bulu tikus dicukur dengan alat cukur sederhana.

3. Penyuntikan bahan pengawet

Tikus yang sudah dicukur diletakkan di atas meja dengan elevasi 15°.

Selanjutnya lokasi jantung ditentukan dengan aspirasi darah

menggunakan spuit 3 cc dan jarum 27 G. Lokasi jantung dapat

ditentukan dengan kemudahan aspirasi darah dan kualitas darah yang

cair. Bila darah gagal diaspirasi, aspirasi diulang di tempat lain. Bila

lokasi jantung sudah ditentukan, jarum dihubungkan dengan infus set.

Infus set dihubungkan dengan mesin pompa pestisida yang sudah

berisi 0,3 liter bahan pengawet sesuai kontrol, perlakuan 1, 2, dan 3

yang telah dicampur sebelumnya. Bahan pengawet dipompakan

dengan tekanan minimal selama 10 menit.

4. Pembenaman kadaver tikus

Tikus yang sudah disuntik bahan pengawet dibenamkan di dalam

baskom plastik yang sudah diisi bahan pengawet sesuai kontrol

perlakuan 1, 2, dan 3. Tikus kontrol TR, perlakuan 1 TR, perlakuan 2

TR, dan perlakuan 3 TR tidak dibenamkan melainkan disimpan. Tikus

dibiarkan terendam selama 1 minggu.

5. Diseksi kadaver tikus

Setelah 1 minggu, tikus yang sudah dibenam diangkat dan dilakukan

diseksi. Diseksi dilakukan di daerah abdomen dan punggung tikus

menggunakan pinset anatomis, pinset sirurgis, gunting tajam, gunting

metzenbaum, dan hemostat. Langkah diseksi mengikuti standard

diseksi untuk tikus. Kulit tikus digunting pada garis tengah mulai dari perineum hingga leher. Selanjutnya kulit digunting secara transversal pada level paha, lengan atas, dan mandibula. Kulit lalu dilepaskan dari jaringan otot dengan tangan. Setelah terpisah, otot perut tikus dibuka mengikuti garis tengah, lalu mengikuti batas bawah costae, sehingga organ dalam abdomen tikus dapat terlihat (Zoeckler, 2015).

6. Penyimpanan kadaver tikus

Kadaver yang sudah didiseksi dibungkus dengan plastik menutupi seluruh kadaver. Selanjutnya kadaver diletakkan di baskom kering dan dibiarkan selama 1 bulan.

7. Pengukuran luas koloni fungi

Pengukuran luas jaringan fungi dilakukan menggunakan grid transparan yang dipenuhi tanda plus "+", masing-masing berjarak 0,5 cm satu sama lain. Grid transparan diletakkan di atas kadaver. Selanjutnya, jumlah tanda plus yang bertumpukan dengan jaringan fungi dihitung. Jumlah ini selanjutnya dikalikan dengan konstanta 0,5 cm² untuk memperkirakan luas jaringan fungi. Perkiraan luas jaringan fungi selanjutnya dianalisis dengan Willcoxon Signed Rank Test (Aydin, Senturk, Sahin, Bek, Yuksel, Turanli, 2007).

8. Pembuatan preparat mikroskopis jaringan otot lurik dan kulit dengan pengecatan HE

Preparat yang telah difiksasi dengan parafin dipotong-potong dan diletakkan ke atas slide mikroskop. Banjiri slide dengan air selama 30 detik sembari digoyang. Selanjutnya benamkan slide dalam wadah Coplin berisi hematoxylin Mayer dan goyang selama 30 detik. Bilas slide dengan air selama 1 menit. Warnai slide dengan larutan eosin Y 1% selama 10-30 detik sambil digoyang. Keringkan slide dengan

etanol 95% sebanyak dua kali, masing-masing selama 30 detik.

Keringkan slide dengan etanol 100% sebanyak dua kali, masing-masing selama 30 detik. Bilas slide dengan xylene sebanyak dua kali untuk mengekstraksi etanol. Tambahkan satu sampai dua tetes medium penutup dan lapiasi dengan kaca penutup. Preparat selanjutnya diperiksa di bawah mikroskop (Fischer, Jacobson, Rose, Zeller, 2008).

9. Penilaian warna kadaver

Penilaian warna kadaver dilakukan dengan melibatkan 10 relawan manusia sebagai alat penilaian dengan kriteria inklusi mahasiswa kedokteran semester 3, 5 dan 7. Kriteria eksklusi yakni memiliki alergi formalin, alergi alkohol, alergi gliserin, alergi parfum, fobia kadaver, dan sedang mengalami disosmia, hyposmia, dan anosmia. Relawan memperhatikan kadaver dan menentukan kualitas warna semua kadaver tikus secara subjektif menurut kuesioner (Pietrzyk, 2016). Penilaian dilakukan secara single blind.

10. Penilaian bau kadaver

Penilaian bau kadaver dilakukan dengan melibatkan 10 relawan manusia sebagai alat penilaian dengan kriteria inklusi mahasiswa kedokteran semester 3, 5 dan 7. Kriteria eksklusi yakni memiliki alergi formalin, alergi alkohol, alergi gliserin, alergi parfum, fobia kadaver, dan sedang mengalami disosmia, hyposmia, dan anosmia. Relawan membau kadaver dan menentukan pilihan bau semua kadaver tikus secara subjektif menurut kuesioner (Pietrzyk, 2016). Penilaian dilakukan secara single blind.

4.8 Analisis Data

Data yang diperoleh dilakukan uji normalitas untuk mengetahui normalitas persebaran data dan uji varian untuk menentukan variansi data. Jika sebaran data normal dan varian data maka digunakan uji hipotesis *one way anova*. Namun jika tidak, digunakan uji *Kruskal Wallis*. Selanjutnya, untuk melihat perbedaan dari setiap kelompok digunakan uji *Post Hoc* sebagai lanjutan *one way anova* dan *Mann Whitney* sebagai uji lanjutan *Kruskal Wallis*. Hasil penelitian dianggap bermakna apabila didapatkan nilai $p < 0,05$. Uji statistik di atas diperiksa dengan menggunakan program statistik SPSS 20.

4.9 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3				Bulan 4			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Mengurus <i>ethical clearance</i> dan lab																
2	Pemesanan bahan pengawet dan hewan coba																
3	Euthanasia hewan coba dan pengawetan																
4	Pembenaman hewan coba																
5	Diseksi hewan coba																
6	Penyimpanan hewan coba																
7	Pengambilan data																
8	Analisis data																
9	Penyusunan laporan akhir																

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

5.1 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Anatomi Histologi FK UB pada bulan April hingga bulan Juli 2017. Tikus wistar putih *Rattus norvegicus* sebanyak 40 ekor dibeli dari Peternakan Lawang. Setelah tiba, tikus diaklimatisasi selama tujuh hari dengan diberikan pakan.

Euthanasia tikus dilakukan dengan dislokasi cervical yang didahului dengan pembiusan dalam wadah berisi kloroform selama minimal lima menit.

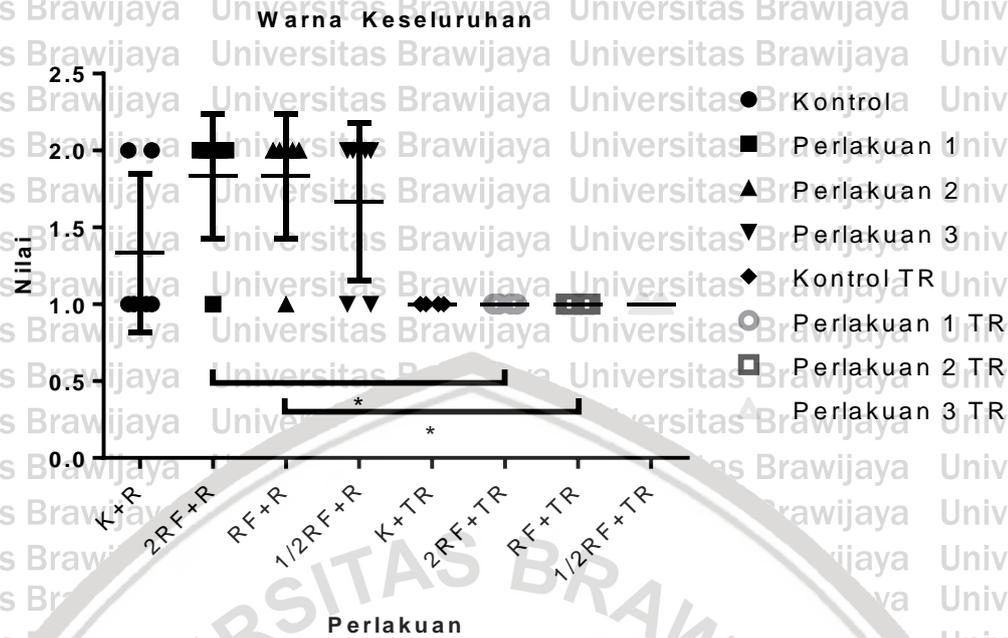
Tikus lalu diinjeksi dengan larutan pengawet dengan tekanan cukup selama 10 menit hingga 15 menit di jantung tikus. Selanjutnya dilakukan tindakan berbeda pada tikus yakni pada kelompok Kontrol positif, Perlakuan 1, Perlakuan 2, dan Perlakuan 3 direndam dalam larutan pengawet yang sama selama tiga minggu sedangkan pada kelompok Kontrol TR, Perlakuan 1 TR, Perlakuan 2 TR, dan Perlakuan 3 TR langsung dibungkus dengan plastik.

Setelah tiga minggu, tikus yang direndam diangkat lalu dikeringkan. Semua tikus baik yang direndam maupun yang tidak direndam didiseksi dan dibungkus dengan plastik selama 4 minggu.

5.2 Warna Kadaver

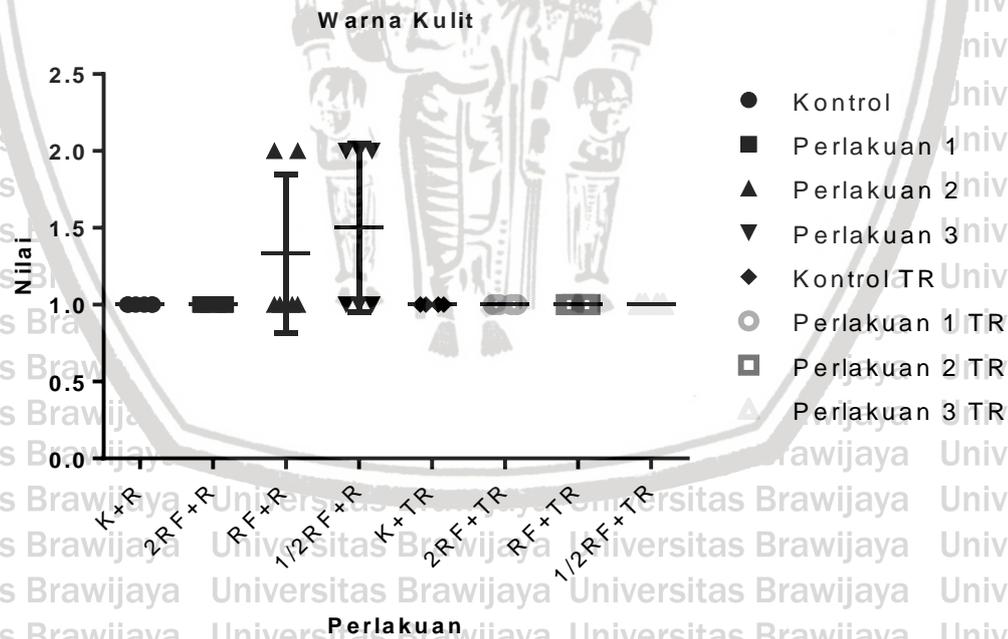
5.2.1 Hasil penelitian

Kadaver tikus yang telah diberi perlakuan dinilai secara *single blind* oleh sukarelawan manusia. Penilaian dilakukan dengan mengisi kuesioner yang telah disiapkan peneliti dengan nilai 1 untuk warna tidak menyerupai hidup dan 2 untuk warna menyerupai hidup. Nilai warna dianggap sebagai data numerik. Persebaran nilai warna disajikan dalam gambar 5.1, gambar 5.2, dan gambar 5.3.



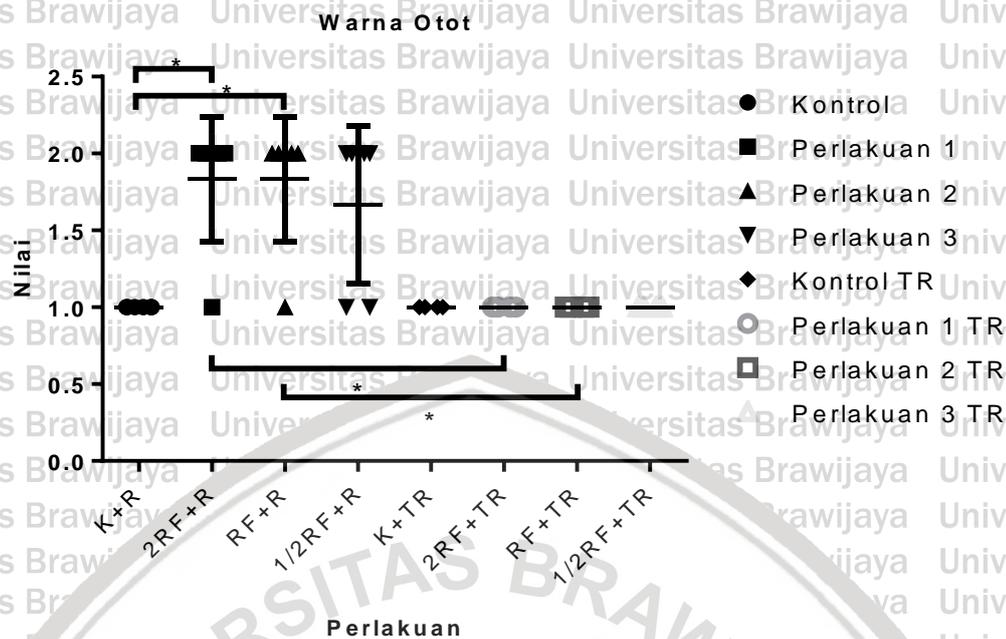
Gambar 5.1 Persebaran nilai warna keseluruhan

Keterangan: Perbedaan signifikan didapatkan antara Perlakuan 1 dan Perlakuan 1 TR serta antara Perlakuan 2 dan Perlakuan 2 TR.



Gambar 5.2 Persebaran nilai warna kulit

Keterangan: Tidak didapatkan perbedaan signifikan pada analisis nilai warna kulit.



Gambar 5.3 Persebaran nilai warna otot

Keterangan: Perbedaan signifikan didapatkan antara Perlakuan 1 dan Kontrol Positif, Perlakuan 2 dan Kontrol Positif, Perlakuan 1 dan Perlakuan 1 TR, serta Perlakuan 2 dan Perlakuan 2 TR.

5.2.2 Analisis data awal

Analisis warna kadaver dibagi menjadi analisis terhadap perlakuan injeksi dan perlakuan perendaman. Langkah pertama analisis adalah dengan melakukan uji normalitas data warna kadaver. Karena jumlah subyek kurang dari sama dengan 50, digunakan uji Shapiro-Wilk.

Karena sebaran data tidak normal ($P < 0,05$), uji *one way ANOVA* tidak dapat digunakan. Maka digunakan uji Kruskal-Wallis dengan uji *post hoc* Mann-Whitney.

5.2.3 Analisis data warna keseluruhan

Pada analisis antar perlakuan injeksi dengan perendaman, uji *Independent Samples* Kruskal Wallis didapatkan $P < 0,230$, yang bernilai tidak signifikan ($P < 0,05$). Hal ini menunjukkan tidak ada pengaruh perbedaan jenis injeksi senyawa preservasi terhadap warna keseluruhan

kadaver. Uji Kruskal-Wallis terhadap kelompok perlakuan injeksi tanpa perendaman memberikan hasil yang serupa, yakni nilai $P < 1,000$.

Selanjutnya dilakukan analisis antara perlakuan dengan perendaman dan tanpa perendaman.

Pada analisis antara kelompok Kontrol dengan perendaman dan kelompok Kontrol tanpa perendaman, tidak didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap warna keseluruhan kadaver, dengan nilai $P < 0,476$. Antara kelompok Perlakuan 1 dengan perendaman dan

kelompok Perlakuan 1 tanpa perendaman, didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap warna keseluruhan kadaver, dengan nilai $P < 0,038$. Antara kelompok Perlakuan 2 dengan perendaman dan kelompok Perlakuan 2 tanpa perendaman, didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap warna keseluruhan kadaver, dengan nilai

$P < 0,038$. Lalu, antara kelompok Perlakuan 3 dengan perendaman dan kelompok Perlakuan 3 tanpa perendaman, tidak didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap warna keseluruhan kadaver, dengan nilai $P < 0,114$. Nilai signifikansi eksak digunakan karena jumlah sampel yang secara statistik dianggap kurang.

Secara statistik, terdapat pengaruh signifikan perlakuan perendaman terhadap warna kadaver secara keseluruhan karena pada uji Mann-Whitney didapat $P < 0,000$. Perendaman dapat mempertahankan warna keseluruhan kadaver dibandingkan dengan perlakuan tanpa perendaman. Dengan begitu, perlakuan yang berpengaruh untuk warna keseluruhan kadaver hanya perendamannya saja.

5.2.4 Analisis data warna kulit

Pada analisis antar perlakuan injeksi dengan perendaman, uji *Independent Samples* Kruskal Wallis didapatkan $P < 0,088$, yang bernilai

tidak signifikan ($P < 0,05$). Hal ini menunjukkan tidak ada pengaruh perbedaan jenis injeksi senyawa preservasi terhadap warna kulit kadaver.

Uji Kruskal-Wallis terhadap kelompok perlakuan injeksi tanpa perendaman memberikan hasil yang serupa, yakni nilai $P < 1,000$.

Selanjutnya dilakukan analisis antara perlakuan dengan perendaman dan tanpa perendaman. Pada analisis antara kelompok Kontrol dengan perendaman dan kelompok Kontrol tanpa perendaman, tidak didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap warna kulit kadaver, dengan nilai $P < 1,000$. Antara kelompok Perlakuan 1 dengan perendaman dan kelompok Perlakuan 1 tanpa perendaman, tidak didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap warna kulit kadaver, dengan nilai $P < 1,000$. Antara kelompok Perlakuan 2 dengan perendaman dan kelompok Perlakuan 2 tanpa perendaman, tidak didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap warna kulit kadaver, dengan nilai $P < 0,476$. Lalu, antara kelompok Perlakuan 3 dengan perendaman dan kelompok Perlakuan 3 tanpa perendaman, tidak didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap warna kulit kadaver, dengan nilai $P < 0,257$. Nilai signifikansi eksak digunakan karena jumlah sampel yang secara statistik dianggap kurang.

Secara statistik, tidak terdapat perbedaan warna kulit antara kelompok rendam dan kelompok tidak direndam karena pada uji Mann-Whitney didapat $P < 0,279$.

5.2.5 Analisis data warna otot

Pada analisis antar perlakuan injeksi dengan perendaman, uji *Independent Samples* Kruskal Wallis didapatkan $P < 0,011$, yang bernilai signifikan ($P < 0,05$). Hal ini menunjukkan ada pengaruh perbedaan jenis injeksi senyawa preservasi terhadap warna otot kadaver.

Uji post hoc Mann-Whitney antara kelompok Kontrol dengan

Perlakuan 1, 2, dan 3 memberikan hasil sebagai berikut. Antara Kontrol dan Perlakuan 1 nilai $P < 0,015$, antara Kontrol dan Perlakuan 2 nilai $P < 0,015$, dan antara Kontrol dan Perlakuan 3 nilai $P < 0,065$. Hal ini menunjukkan ada pengaruh signifikan injeksi Perlakuan 1 atau Perlakuan 2 terhadap warna otot kadaver bila dibandingkan dengan kelompok Kontrol, tetapi tidak ada pengaruh signifikan Perlakuan 3 bila dibandingkan dengan kelompok Kontrol.

Akan tetapi, uji post hoc antara Perlakuan 1 dan 2 memberikan nilai $P < 1,000$, antara Perlakuan 1 dan 3 memberikan nilai $P < 0,699$, dan antara Perlakuan 2 dan 3 memberikan nilai $P < 0,699$. Keadaan tersebut menunjukkan tidak ada beda pengaruh antar perlakuan dengan perendaman terhadap warna otot kadaver.

Selanjutnya, uji Kruskal-Wallis terhadap kelompok perlakuan injeksi tanpa perendaman memberikan hasil yang berbeda, yakni nilai $P < 1,000$. Hal ini berarti tidak ada perbedaan signifikan pada pemberian injeksi yang berbeda pada kelompok tanpa perendaman terhadap warna otot kadaver.

Lalu dilakukan analisis antara perlakuan dengan perendaman dan tanpa perendaman. Pada analisis antara kelompok Kontrol dengan perendaman dan kelompok Kontrol tanpa perendaman, tidak didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap warna otot kadaver, dengan nilai $P < 1,000$. Antara kelompok Perlakuan 1 dengan perendaman dan kelompok Perlakuan 1 tanpa perendaman, didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap warna otot kadaver, dengan nilai $P < 0,038$. Antara kelompok Perlakuan 2 dengan perendaman dan kelompok Perlakuan 2 tanpa perendaman, didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap warna otot kadaver, dengan nilai

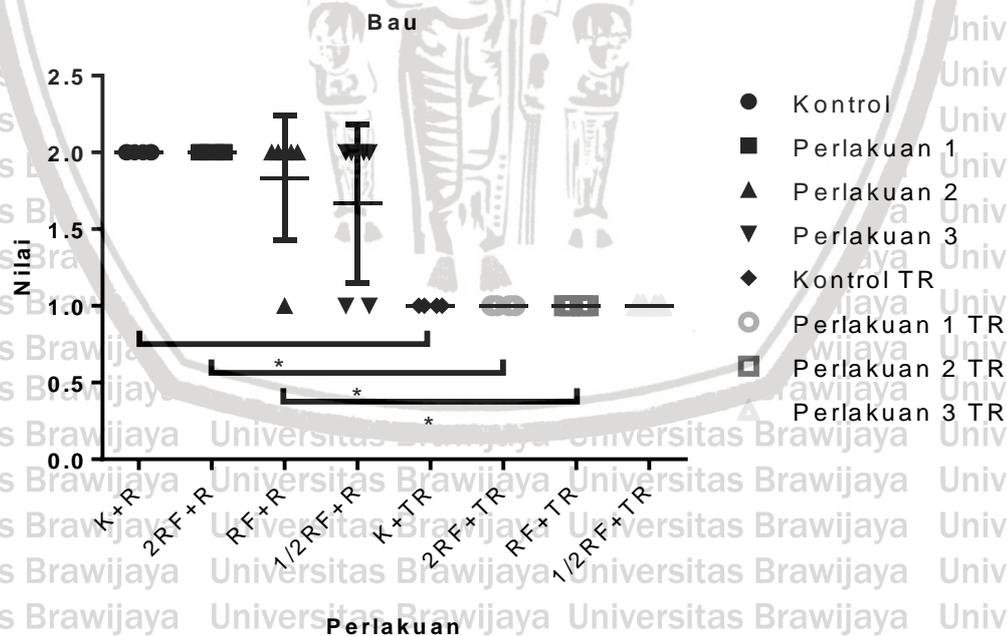
$P < 0,038$. Lalu, antara kelompok Perlakuan 3 dengan perendaman dan kelompok Perlakuan 3 tanpa perendaman, tidak didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap warna otot kadaver, dengan nilai $P < 0,114$. Nilai signifikansi eksak digunakan karena jumlah sampel yang secara statistik dianggap kurang.

Secara statistik, terdapat pengaruh signifikan perendaman terhadap warna otot kadaver karena pada uji Mann-Whitney didapat $P < 0,002$.

5.3 Bau Kadaver

5.3.1 Hasil penelitian

Kadaver tikus yang telah diberi perlakuan dinilai secara *single blind* oleh sukarelawan manusia. Penilaian dilakukan dengan mengisi kuesioner yang telah disiapkan peneliti dengan nilai 1 untuk bau tidak menyenangkan dan 2 untuk bau menyenangkan. Nilai bau dianggap sebagai data numerik. Persebaran nilai bau disajikan dalam gambar 5.4.



Gambar 5.4 Persebaran nilai bau

Keterangan: Perbedaan signifikan didapatkan antara Kontrol Positif dan Kontrol TR, Perlakuan 1 dan Perlakuan 1 TR, serta Perlakuan 2 dan Perlakuan 2 TR.

5.3.2 Analisis data

Analisis bau kadaver dibagi menjadi analisis terhadap perlakuan injeksi dan perlakuan perendaman. Langkah pertama analisis adalah dengan melakukan uji normalitas data bau kadaver. Karena jumlah subyek kurang dari sama dengan 50, digunakan uji Shapiro-Wilk. Pada uji Shapiro-Wilk didapatkan sebaran data tidak normal ($P < 0,05$), sehingga uji *one way ANOVA* tidak dapat digunakan. Maka digunakan uji Kruskal-Wallis dengan uji *post hoc* Mann-Whitney.

Uji *Independent Samples* Kruskal Wallis antarperlakuan injeksi dengan pembenaman didapatkan $P < 0,260$, yang bernilai tidak signifikan ($P < 0,05$). Hal ini menunjukkan tidak ada pengaruh signifikan Perlakuan 1, Perlakuan 2, dan Perlakuan 3 terhadap bau kadaver dibandingkan dengan Kontrol.

Analisis kelompok antarinjeksi tanpa perendaman memberikan hasil sebagai berikut. Karena sebaran data tidak normal, digunakan uji Kruskal-Wallis. Pada uji Kruskal-Wallis didapatkan nilai $P < 1,000$. Hal ini berarti tidak ada perbedaan signifikan pada pemberian injeksi yang berbeda pada kelompok tanpa perendaman terhadap bau kadaver.

Lalu dilakukan analisis antara perlakuan dengan perendaman dan tanpa perendaman. Pada analisis antara kelompok Kontrol dengan perendaman dan kelompok Kontrol tanpa perendaman, didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap bau kadaver, dengan nilai $P < 0,010$. Antara kelompok Perlakuan 1 dengan perendaman dan kelompok Perlakuan 1 tanpa perendaman, didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap bau kadaver, dengan nilai $P < 0,010$.

Antara kelompok Perlakuan 2 dengan perendaman dan kelompok Perlakuan 2 tanpa perendaman, didapatkan pengaruh signifikan

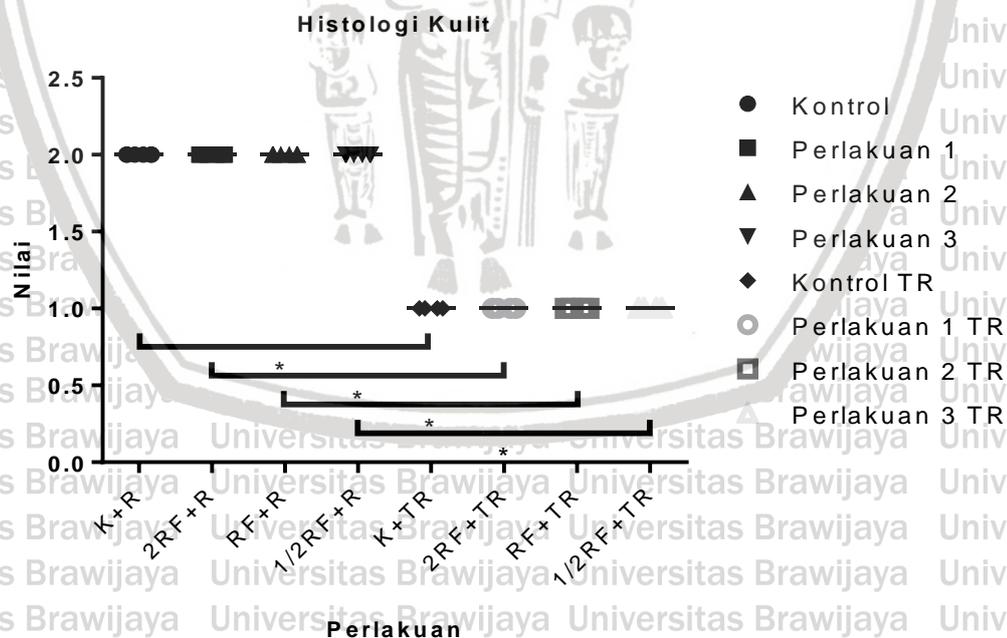
perendaman terhadap bau kadaver, dengan nilai $P < 0,038$. Lalu, antara kelompok Perlakuan 3 dengan perendaman dan kelompok Perlakuan 3 tanpa perendaman, tidak didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap bau kadaver, dengan nilai $P < 0,114$. Nilai signifikansi eksak digunakan karena jumlah sampel yang secara statistik dianggap kurang.

Secara statistik, perlakuan perendaman berpengaruh signifikan terhadap bau kadaver karena pada uji Mann-Whitney didapat $P < 0,000$.

5.4 Struktur Jaringan Kadaver

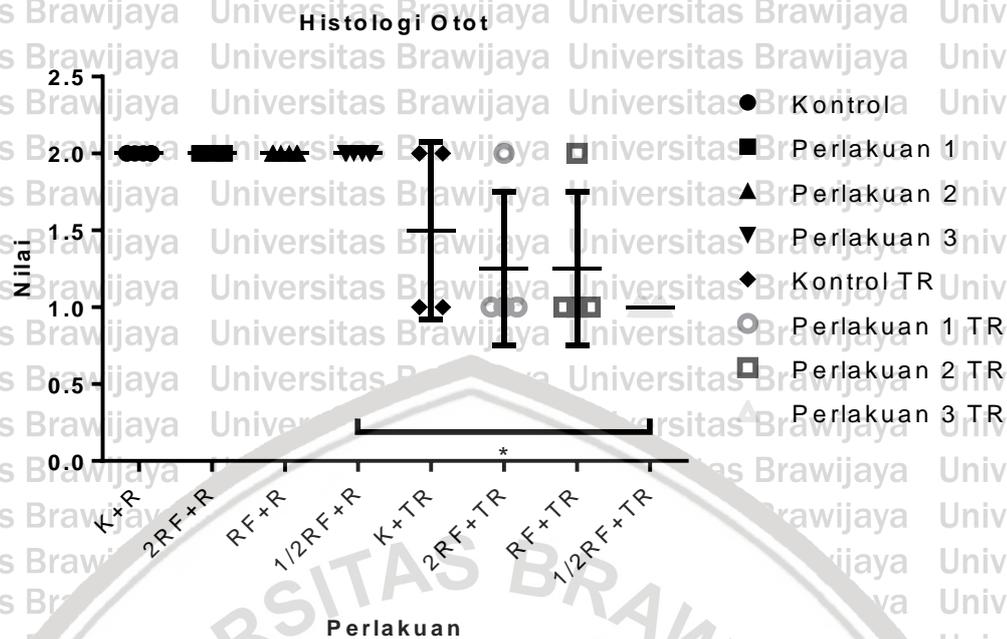
5.4.1 Hasil penelitian

Penilaian struktur jaringan dilakukan secara histologis dengan bantuan mikroskop. Potongan jaringan dengan penampang sel baik diberi nilai 2 dan potongan jaringan dengan penampang sel rusak diberi nilai 1. Nilai histologis jaringan dianggap sebagai data numerik. Persebaran nilai histologis jaringan disajikan dalam gambar 5.5 dan gambar 5.6.



Gambar 5.5 Persebaran nilai histologi kulit

Keterangan: Perbedaan signifikan didapatkan antara Kontrol Positif dan Kontrol TR, Perlakuan 1 dan Perlakuan 1 TR, Perlakuan 2 dan Perlakuan 2 TR, serta Perlakuan 3 dan Perlakuan 3 TR.



Gambar 5.6 Persebaran nilai histologi otot

Keterangan: Perbedaan signifikan didapatkan antara Perlakuan 3 dan Perlakuan 3 TR

5.4.2 Analisis data umum

Analisis jaringan kadaver dibagi menjadi analisis terhadap perlakuan injeksi dan perlakuan pembemaman. Langkah pertama analisis adalah dengan melakukan uji normalitas data bau kadaver. Karena jumlah subyek kurang dari sama dengan 50, digunakan uji Shapiro-Wilk.

Karena sebaran data tidak normal ($P < 0,05$), uji *one way ANOVA* tidak dapat digunakan. Maka digunakan uji Kruskal-Wallis dengan uji *post hoc* Mann-Whitney.

5.4.3 Analisis data histologi kulit

Pada analisis antar perlakuan injeksi dengan perendaman, uji *Independent Samples* Kruskal Wallis didapatkan $P < 1,000$, yang bernilai tidak signifikan ($P < 0,05$). Hal ini menunjukkan tidak ada pengaruh perbedaan jenis injeksi senyawa preservasi terhadap gambaran histologis

kulit kadaver. Uji Kruskal-Wallis terhadap kelompok perlakuan injeksi tanpa perendaman memberikan hasil yang serupa, yakni nilai $P < 1,000$.

Selanjutnya dilakukan analisis antara perlakuan dengan perendaman dan tanpa perendaman.

Pada analisis antara kelompok Kontrol dengan perendaman dan kelompok Kontrol tanpa perendaman, didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap gambaran histologi kulit kadaver, dengan nilai $P < 0,010$. Antara kelompok Perlakuan 1 dengan perendaman dan kelompok Perlakuan 1 tanpa perendaman, didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap gambaran histologi kulit kadaver, dengan nilai $P < 0,010$. Antara kelompok Perlakuan 2 dengan perendaman dan kelompok Perlakuan 2 tanpa perendaman, didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap gambaran histologi kulit kadaver, dengan nilai $P < 0,010$. Lalu, antara kelompok Perlakuan 3 dengan perendaman dan kelompok Perlakuan 3 tanpa perendaman, didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap gambaran histologi kulit kadaver, dengan nilai $P < 0,010$. Nilai signifikansi eksak digunakan karena jumlah sampel yang secara statistik dianggap kurang.

Secara statistik, terdapat pengaruh signifikan perendaman terhadap gambaran histologi kulit karena pada uji Mann-Whitney didapat $P < 0,000$.

5.4.4 Analisis data histologi otot

Pada analisis antar perlakuan injeksi dengan perendaman, uji *Independent Samples* Kruskal Wallis didapatkan $P < 1,000$, yang bernilai tidak signifikan ($P < 0,05$). Hal ini menunjukkan tidak ada pengaruh perbedaan jenis injeksi senyawa preservasi terhadap gambaran histologis kulit kadaver. Uji Kruskal-Wallis terhadap kelompok perlakuan injeksi tanpa perendaman memberikan hasil yang serupa, yakni nilai $P < 0,475$.

Selanjutnya dilakukan analisis antara perlakuan dengan perendaman dan tanpa perendaman.

Pada analisis antara kelompok Kontrol dengan perendaman dan kelompok Kontrol tanpa perendaman, tidak didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap gambaran histologi otot kadaver, dengan nilai $P < 0,257$. Antara kelompok Perlakuan 1 dengan perendaman dan kelompok Perlakuan 1 tanpa perendaman, tidak didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap gambaran histologi otot kadaver, dengan nilai $P < 0,067$. Antara kelompok Perlakuan 2 dengan perendaman dan kelompok Perlakuan 2 tanpa perendaman, tidak didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap gambaran histologi otot kadaver, dengan nilai $P < 0,067$. Lalu, antara kelompok Perlakuan 3 dengan perendaman dan kelompok Perlakuan 3 tanpa perendaman, didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap gambaran histologi otot kadaver, dengan nilai $P < 0,010$. Nilai signifikansi eksak digunakan karena jumlah sampel yang secara statistik dianggap kurang.

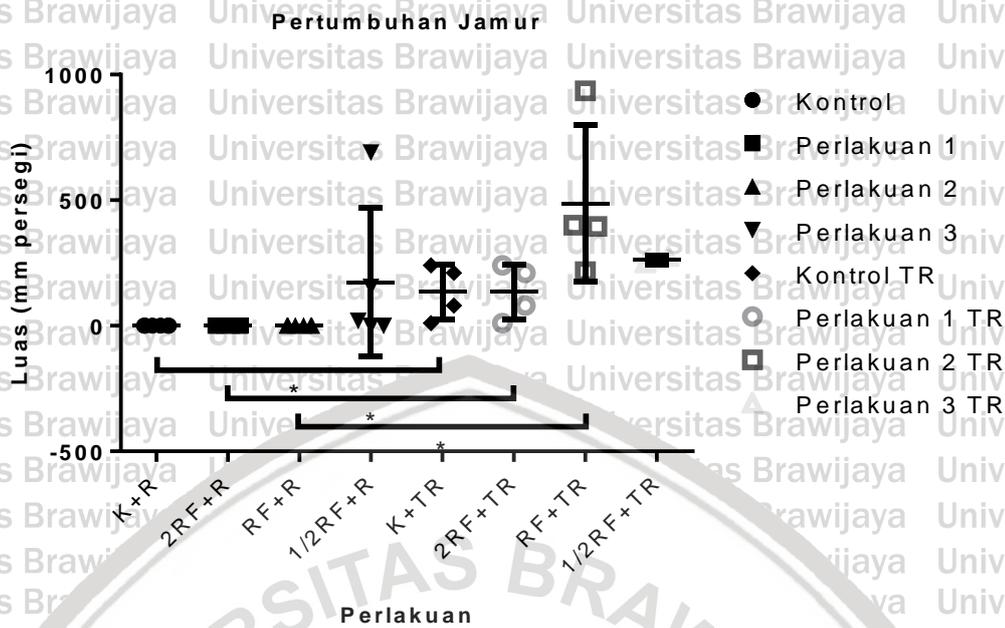
Secara statistik, terdapat pengaruh signifikan perendaman terhadap gambaran histologi otot karena pada uji Mann-Whitney didapat $P < 0,000$.

5.5 Pertumbuhan Jamur pada Kadaver

5.5.3 Hasil penelitian

Pada penelitian didapatkan pertumbuhan jamur pada Perlakuan 3, Kontrol TR, Perlakuan TR 1, Perlakuan TR 2, dan Perlakuan TR 3.

Sedangkan pada Kontrol, Perlakuan 1, dan Perlakuan 2 tidak didapatkan pertumbuhan jamur. Pertumbuhan jamur diukur menggunakan grid 5x5 mm persegi. Luas pertumbuhan jamur pada Perlakuan 3, Kontrol TR, Perlakuan TR 1, Perlakuan TR 2, dan Perlakuan TR 3 dapat dilihat di gambar 5.7.



Gambar 5.7 Luas Pertumbuhan Koloni Jamur

Keterangan: Perbedaan signifikan didapatkan antara Kontrol Positif dan Kontrol TR, Perlakuan 1 dan Perlakuan 1 TR, serta Perlakuan 2 dan Perlakuan 2 TR.

5.5.2 Analisis data pertumbuhan jamur

Analisis pertumbuhan jamur dibagi menjadi analisis terhadap perlakuan injeksi dan perlakuan perendaman. Langkah pertama analisis adalah dengan melakukan uji normalitas data pertumbuhan jamur. Karena jumlah subyek kurang dari sama dengan 50, digunakan uji Shapiro-Wilk. Pada uji normalitas didapatkan sebaran data tidak normal ($P < 0,05$) sehingga uji *one way ANOVA* tidak dapat digunakan. Maka digunakan uji Kruskal-Wallis dengan uji *post hoc* Mann-Whitney.

Uji *Independent Samples* Kruskal Wallis antarperlakuan injeksi dengan pemberian didapatkan $P < 0,008$, yang bernilai signifikan ($P < 0,05$). Hal ini menunjukkan ada pengaruh jenis injeksi senyawa preservasi terhadap hambatan pertumbuhan jamur. Dalam uji Mann-Whitney antara kelompok Kontrol dengan kelompok Perlakuan 1 dan

Perlakuan 2 tidak didapat perbedaan signifikan. Akan tetapi, injeksi

Kontrol memiliki pengaruh signifikan terhadap hambatan pertumbuhan jamur bila dibandingkan dengan Perlakuan 3, dengan nilai $P < 0,037$.

Begitu pula terdapat pengaruh signifikan Perlakuan 1 dan juga Perlakuan 2 terhadap hambatan pertumbuhan jamur bila dibandingkan dengan Perlakuan 3, dengan nilai $P < 0,037$.

Pada uji normalitas Shapiro-Wilk antar perlakuan injeksi tanpa perendaman didapatkan $P < 0,015$, yang berarti data tidak normal. Maka dilakukan uji Kruskal-Wallis dengan hasil $P < 0,107$, yang berarti tidak ada beda pertumbuhan jamur antar perlakuan injeksi tanpa perendaman.

Dengan begitu, hipotesis penelitian ditolak pada semua perlakuan injeksi tanpa perendaman.

Selanjutnya dilakukan analisis antara perlakuan dengan perendaman dan tanpa perendaman. Pada analisis antara kelompok Kontrol dengan perendaman dan kelompok Kontrol tanpa perendaman, didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap hambatan pertumbuhan jamur kadaver, dengan nilai $P < 0,010$. Antara kelompok Perlakuan 1 dengan perendaman dan kelompok Perlakuan 1 tanpa perendaman, didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap hambatan pertumbuhan jamur kadaver, dengan nilai $P < 0,010$. Antara kelompok Perlakuan 2 dengan perendaman dan kelompok Perlakuan 2 tanpa perendaman, didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap hambatan pertumbuhan jamur kadaver, dengan nilai $P < 0,010$.

Lalu, antara kelompok Perlakuan 3 dengan perendaman dan kelompok Perlakuan 3 tanpa perendaman, tidak didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap hambatan pertumbuhan jamur kadaver, dengan

nilai $P < 0,381$. Nilai signifikansi eksak digunakan karena jumlah sampel yang secara statistik dianggap kurang.

Secara statistik, terdapat pengaruh perendaman terhadap hambatan pertumbuhan jamur karena pada uji Mann-Whitney didapat $P < 0,000$.



BAB VI

PEMBAHASAN

6.1 Perbandingan Warna Kadaver antara Kelompok dengan Perendaman dan Kelompok tanpa Perendaman

Pada uji statistika telah didapatkan bahwa perendaman memberikan pengaruh signifikan terhadap warna kadaver menjadi lebih menyerupai hidup.

Perbaikan warna ini dapat dicapai karena tikus pada perlakuan perendaman berhasil diawetkan, sedangkan pada perlakuan tanpa perendaman tidak terawetkan sehingga menjadi busuk. Dalam hal ini yang dimaksud berhasil diawetkan ialah dipertahankannya tampilan fisik yang dapat diterima (Mayer, 2006). Peristiwa ini sesuai dengan teori perubahan setelah kematian menurut Madea. Salah satu perubahan warna yang dapat terjadi dalam proses pembusukan adalah perubahan kulit menjadi kehijauan, kehitaman, atau kemerahan. Proses perubahan ini salah satunya dapat disebabkan penumpukan sulfahemoglobin (Madea, 2014).

Memang tidak dijelaskan batasan istilah untuk mendefinisikan tampilan seperti hidup atau menarik (Bangerter, Boemke, Röthlisberger, 2016). Penentuan warna dari suatu kadaver menarik atau tidak ditentukan dengan perbandingan terhadap kadaver segar dan kadaver kontrol yang umumnya menggunakan formalin murni sebagai pengawet. Dengan perbandingan ini, warna kadaver dan organ di dalam kadaver dapat dinyatakan cerah, seperti hidup, memucat, atau terlalu berwarna (Hammer, Löffler, Bechmann, 2014). Melalui cara perbandingan ini yang juga diterapkan dalam metode penelitian, tentu warna kadaver yang membusuk tidak dapat dimasukkan dalam kategori menyerupai hidup. Hal ini selanjutnya juga berlaku pada warna kulit dan otot kadaver, karena keduanya merupakan jaringan lunak yang mudah mengalami proses pembusukan.

6.2 Perbandingan Warna Kulit Kadaver antara Kelompok Kontrol dan Perlakuan 1 hingga Perlakuan 3 dengan Perendaman

Dalam penelitian, kadaver tikus pada kelompok dengan perendaman ditemukan memiliki kulit yang pucat, meski tingkat kepucatan berbeda antar perlakuan injeksi. Akan tetapi dalam uji statistika didapatkan hasil bahwa tidak terdapat pengaruh signifikan tiap pemberian injeksi yang berbeda terhadap warna kadaver. Sekilas hal ini dapat disimpulkan bahwa larutan pengawet Departemen Forensik RSSA tidak dapat mempertahankan warna kulit jenazah atau dalam hal ini kadaver setelah dua bulan sejak pengawetan. Namun perlu diingat bahwa dalam penelitian ini yang digunakan sebagai kadaver adalah tikus wistar *Rattus norvegicus* yang memiliki warna kulit terang. Warna terang ini karena tikus wistar adalah strain tikus albino dan sehubungan dengan itu tidak memiliki pigmen melanin di kulitnya, meski tetap memiliki melanosit (Tucker, 2003).

Penelitian di luar negeri menggunakan kadaver manusia dalam penelitian pengaruh larutan pengawet dalam mempertahankan warna kulit (Hammer, Löffler, Bechmann, 2014). Pada penelitian tersebut, kadaver manusia yang digunakan berasal dari ras kaukasoid yang memiliki warna kulit terang. Pada ras manusia dengan warna kulit terang masih terdapat melanin (Jolly-Tonetti, Wibawa, Bell, Tobin, 2016). Yang menarik, penelitian oleh Urusopon et al menunjukkan bahwa pengawetan dengan formalin dapat mempertahankan melanin dalam pinealosit secara histologis (Urusopon et al, 2012). Karena perbedaan ini dan batasan metode penelitian, peneliti tidak dapat membahas lebih lanjut implikasi temuan warna kulit pada tikus bila diterapkan pada manusia, terlebih secara teori formalin dapat menggelapkan jaringan bila bercampur dengan darah (Brenner, 2014).

6.3 Perbandingan Warna Otot Kadaver antara Kelompok Kontrol dan Perlakuan 1 hingga Perlakuan 3 dengan Perendaman

Dalam penelitian didapatkan bahwa Perlakuan 1 yang terdiri dari 2 liter formalin 37%, 2 liter air, 1 liter gliserin, 0,5 liter alkohol, dan 1 liter parfum memiliki pengaruh signifikan terhadap warna otot kadaver. Perlakuan 2 juga memiliki pengaruh signifikan. Perlakuan 2 terdiri dari 1 liter formalin 37%, 2 liter air, 1 liter gliserin, 0,5 liter alkohol, dan 1 liter. Perbaikan warna otot ini sesuai dengan penelitian sejenis yang menggunakan pengawet Thiel, baik yang menggunakannya sebagai pengawet primer pada kadaver segar maupun perawatan pada kadaver lama (Bangarter, Boemke, Röthlisberger, 2016; Eisma, Lamb, Soames, 2013; Hunter, Eisma, Lamb, 2014), dan pengawet Etanol-Gliserin (Hammer, Löffler, Feja, 2012). Meski begitu, kedua metode pengawetan tersebut tetap tidak dapat mencapai warna otot yang sesungguhnya. Menurut Hammer et al (2014), metode Thiel menghasilkan kadaver dengan warna otot berlebihan, sedangkan metode Etanol-Gliserin menghasilkan kadaver dengan warna otot yang lebih pucat. Hammer tidak menjelaskan lebih lanjut batasan istilah warna yang berlebihan atau lebih pucat ini (Hammer, 2014).

Kualitas warna yang lebih baik pada kadaver Perlakuan 1 dan Perlakuan 2 dapat dijelaskan sebagai berikut. Formalin atau formaldehida memiliki sifat mengkoagulasikan darah, yang mana bila bertemu dengan jaringan menyebabkan warna yang keabu-abuan. Formalin juga bereaksi dengan beberapa senyawa protein membentuk jembatan metilene antarprotein. Jembatan ini awalnya bersifat reversibel, namun seiring waktu menjadi hidrofobik dan menetap (Brenner, 2014). Bila formalin bereaksi dengan hemoglobin, akan terbentuk methemoglobin yang secara teori memberikan warna lebih gelap pada jenazah (Madea, 2014). Selanjutnya Brenner dan penelitian terkait pengaruh formalin juga menyebutkan bahwa formalin dapat menyebabkan jaringan menjadi

kering, sehingga tidak menyerupai hidup (Brenner, 2014; Hayashi, Naito, Kawata, Qu, et al, 2015; Verstraete, van der Straeten, de Lepelère, et al, 2015).

Adapun kadar formalin dalam larutan Kontrol positif adalah 9,25%, dalam Perlakuan 1 adalah 11%, dalam Perlakuan 2 adalah 6,72%, dan dalam Perlakuan 3 adalah 3,7%. Menurut teori Brenner, kebutuhan formalin untuk mengkoagulasikan protein terlarut hanyalah empat berbanding seratus. Untuk mengkoagulasikan protein tidak larut diperlukan lebih banyak formalin (Brenner, 2014). Pengurangan kadar formalin terbukti memperbaiki warna otot kadaver sehingga menjadi lebih menyerupai hidup.

Namun pada kelompok Perlakuan 3, pengurangan formalin menyebabkan dua dari enam kadaver membusuk. Meski secara visual empat kadaver yang tidak membusuk dianggap menyerupai hidup, hal ini menyebabkan Perlakuan 3 secara statistik tidak memiliki pengaruh signifikan untuk mempertahankan warna otot bila dibandingkan dengan Kontrol.

Senyawa tambahan yaitu gliserin dan alkohol juga memiliki peran. Meskipun mempertahankan kelenturan kadaver, gliserin secara teori menyebabkan pewarnaan lebih gelap pada jaringan kadaver. Akan tetapi, gliserin juga memiliki peran untuk mengurangi jumlah formalin yang diperlukan karena gliserin meningkatkan penetrasi senyawa lain ke jaringan (Brenner, 2014).

Pemberian alkohol sebenarnya bukan untuk mempertahankan warna kadaver, tetapi untuk disinfeksi kadaver supaya aman digunakan dalam proses pembelajaran (Turan, Gules, Kilimci, 2017). Dengan begitu, penambahan alkohol mencegah perubahan warna kadaver karena pembusukan oleh bakteri, terutama pada fase putrefaktif (Madea, 2014). Di satu sisi, alkohol juga tidak merusak warna kadaver (Balta, Cronin, Cryan, 2015) dan berperan menstabilkan formalin dari oksidasi (Bedino, 2003).

Kekurangan dari metode penelitian ini adalah penilaian warna dilakukan secara subjektif oleh relawan. Penelitian oleh Jaung et al menggunakan metode fotografi. Jaringan otot dan adiposa kadaver difoto lalu dianalisis berdasarkan RGB menggunakan program komputer, yakni analisis persebaran warna merah, hijau, dan biru (disingkat RGB dalam bahasa Inggris). Dengan cara ini nilai persebaran warna dapat lebih terkalibrasi dan tidak terpengaruh subjektivitas penilai (Jaung, Cook, Blyth, 2011).

6.4 Perbandingan Bau Kadaver antara Kelompok dengan Perendaman dan Kelompok tanpa Perendaman

Pada penelitian didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap bau kadaver. Ini karena terjadi proses pembusukan pada kelompok tanpa perendaman. Pada pembusukan, dilepaskan beberapa senyawa gas, seperti H₂S dan hidrokarbon lain yang berbau busuk (Madea, 2014).

Akan tetapi, pada analisis antar perlakuan injeksi dengan perendaman tidak ditemukan pengaruh signifikan. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

Pada penelitian mengenai bau kadaver dan bau formalin yang sudah ada, digunakan jenazah manusia sebagai subyek penelitian (Benet, Rincon-Torroella, Lawton, 2014; Kundu, Gangrade, 2015; Pietrzyk, Torres, Pietrzyk, 2016). Luas permukaan manusia yang lebih luas memerlukan lebih banyak injeksi bahan pengawet untuk mencegah pembusukan, termasuk di antaranya formalin.

Pemberian formalin yang berlebihan dalam perbandingan dengan berat kadaver akan menyisakan formalin bebas. Formalin bebas ini akan segera menguap pada keadaan lingkungan yang tidak jenuh uap formalin. Uap formalin inilah yang menyebabkan bau tidak menyenangkan serta gejala iritasi formalin (Brenner, 2014). Bau tidak menyenangkan ini adalah gejala fisik yang paling dikeluarkan (Kundu, Gangrade, 2015; Nair, Thaduri, Joshi, Gupta, 2016).

Penelitian oleh Pietrzyk et al dilakukan di ruang diseksi seluas hampir 40 meter persegi yang dilengkapi dengan satu pintu, dua jendela, dan sistem ventilasi udara. Hal ini memungkinkan responden untuk menilai bau kadaver tanpa perancu kadaver lain (Pietrzyk, Torres, Pietrzyk, 2016). Sedangkan pada penelitian ini penilaian bau dilakukan di ruang seluas 5x7 meter dengan enam jendela dan dua pintu tanpa sistem ventilasi, dengan masing-masing tikus diletakkan berjarak kurang lebih satu meter.

Penelitian Pietrzyk et al dan Kundu juga dilakukan pada kadaver yang dilakukan diseksi penuh (Kundu, Gangrade, 2015; Pietrzyk, Torres, Pietrzyk, 2016). Sedangkan pada penelitian ini, hanya rongga abdomen, thorax, dan punggung tikus yang dibuka.

6.5 Perbandingan Struktur Jaringan Kadaver antara Kelompok dengan Perendaman dan Kelompok tanpa Perendaman

Dalam penelitian, secara statistika didapatkan pengaruh signifikan perendaman terhadap gambaran histologis jaringan kadaver, baik jaringan kulit maupun jaringan otot. Proses autolisis postmortem berperan merusak gambaran histologis jaringan kadaver pada kelompok tanpa perendaman. Proses autolisis ini ialah perusakan jaringan oleh enzim jaringan itu sendiri (Madea, 2014).

Namun begitu, tidak didapatkan bukti secara statistika bahwa Perlakuan 1, Perlakuan 2, maupun Perlakuan 3 dapat memperbaiki gambaran histologis jaringan kadaver pada kelompok dengan perendaman. Baik pada kelompok kontrol maupun kelompok perlakuan didapatkan nilai baik untuk gambaran histologis. Temuan ini sesuai dengan penelitian oleh Nicholson et al yang meneliti perbandingan larutan formalin, larutan Dunedin, larutan Michigan, dan larutan phenoxyethanol. Pada penelitian tersebut, tidak ada perbedaan signifikan antara masing-masing pengawet, kecuali pada pengawet Dunedin yang berbasis alkohol (Nicholson, Samalia, Gould, 2005).

Formalin memang adalah pengawet untuk preparat histologis yang poten (Balta, Cronin, Cryan, 2015). Sifat ini dapat dihubungkan dengan kerja formalin pada protein. Formalin membentuk jembatan metilene antarprotein, menghasilkan suatu anyaman protein yang sulit dicerna oleh enzim bakteri (Brenner, 2014).

6.6 Perbandingan Pertumbuhan Jamur Kadaver antara Kelompok dengan Perendaman dan Kelompok tanpa Perendaman

Pada penelitian didapatkan bahwa Kontrol, Perlakuan 1, dan Perlakuan 2 dapat menekan pertumbuhan jamur secara signifikan bila dilanjutkan dengan perendaman. Akan tetapi, pada Perlakuan 3, baik perlakuan dengan perendaman maupun tanpa perendaman tidak memberikan pengaruh signifikan. Antara kelompok Kontrol, Perlakuan 1, dan Perlakuan 2 juga tidak ditemukan pengaruh signifikan satu sama lain.

Temuan pada kelompok Kontrol ini sesuai dengan teori mengenai peran formalin. Beberapa artikel menyebutkan bahwa formalin memiliki sifat fungisidal (Balta, Cronin, Cryan, 2015; Brenner, 2014; Demiryürek, Bayramoğlu, Ustaçelebi, 2002; Hayashi, Naito, Kawata, Qu, et al, 2015; Kundu, Gangrade, 2015). Pada konsentrasi minimal 5% hingga 8%, formalin memiliki sifat sterilisasi yang efektif, termasuk sifat sporisidal (Bedino, 2003). Hal ini sesuai dengan konsentrasi formalin pada kelompok Kontrol, Perlakuan 1, dan Perlakuan 2, yakni secara berurutan 9,25%, 11%, dan 6,72%.

Akan tetapi, sifat disinfeksi formalin ini terbukti ampuh pada penggunaan klinis dan bukan pada penggunaan sebagai pengawet. Menurut Demiryürek et al, beberapa hal berpengaruh pada efektifitas peran disinfektan formalin sebagai pengawet kadaver. Pertama, konsentrasi formalin akan menurun seiring dengan difusi ke tubuh kadaver. Kedua, formalin akan bereaksi dengan protein sehingga menjadi inaktif. Keadaan yang sama berlaku untuk ethanol yang juga digunakan

sebagai disinfektan dalam larutan pengawet (Demiryürek, Bayramoğlu, Ustaçelebi, 2002).

Berbeda dengan kelompok perendaman lain, pada Perlakuan 3 didapatkan pertumbuhan jamur. Pada kelompok Perlakuan 3, konsentrasi awal formalin adalah 3,7%. Bila disesuaikan dengan teori dari Bedino (2003), konsentrasi awal ini lebih rendah dari konsentrasi minimal yang diharapkan efektif sebagai disinfektan. Lebih lanjut lagi, konsentrasi ini dapat menurun seiring dengan difusi, sehingga efek disinfeksi formalin berkurang (Demiryürek, Bayramoğlu, Ustaçelebi, 2002).

Batasan penelitian ini adalah pemeriksaan keberadaan agen infeksius hanya dilihat dari koloni jamur yang sudah tumbuh, sehingga keberadaan spora jamur pada kelompok Kontrol, Perlakuan 1, dan Perlakuan 2 tanpa perendaman tidak dapat diketahui. Sebagai pembanding, penelitian oleh Tandon et al dan penelitian oleh Jaung et al melakukan kultur bakteri dan fungi untuk menemukan agen infeksius (Jaung, Cook, Blyth, 2011; Tandon, Bhatnagar, Pokhrel, Solanke, 2014). Kultur fungi ini mendapat batasan di lingkup Universitas Brawijaya karena belum ada laboratorium yang sanggup menumbuhkan dan mengidentifikasi fungi pada kadaver.

Selanjutnya akan dibahas mengenai pertumbuhan jamur pada kelompok tanpa perendaman. Pada kelompok tanpa perendaman, tanda-tanda pembusukan berupa bau busuk dirasakan pada satu minggu sejak tikus diawetkan. Beberapa tanda perubahan setelah kematian tahap lanjut yang ditemukan adalah bau busuk, kemunculan larva lalat, dan pertumbuhan jamur (Madea, 2014). Menurut Madea (2014), pertumbuhan jamur pada kulit dan permukaan mukosa menandai awal proses dekomposisi sebagai kelanjutan dari proses putrefaksi.

Bila dihitung sesuai teori Brenner, dibutuhkan 1,968 gram hingga 2,624 gram formalin murni untuk minimal mengawetkan protein pada kadaver tikus dengan berat 300 hingga 400 gram (Brenner, 2014). Rumus untuk teori menurut Brenner ini adalah sebagai berikut:

$$\frac{4}{100} \times W \times 16,4\% = Fw$$

4/100 merupakan konstanta kebutuhan formalin menurut Brenner, yakni 4 gram untuk tiap 100 gram berat badan. 16,4% merupakan konstanta protein, yakni 164,4 gram protein untuk tiap kilogram berat badan. W merupakan variabel berat kadaver dan Fw merupakan formalin yang dibutuhkan. Pada penelitian ini berat kadaver tikus ada pada kisaran 300 hingga 400 gram.

Maka, bila terdapat 3,7 kilogram formalin dalam seratus liter air, untuk 2,624 gram formalin akan terbentuk 97,088 mililiter formalin 3,7% (Brenner, 2014). Ini berarti dibutuhkan minimal injeksi 97,088 mililiter larutan Perlakuan 3 ke dalam kadaver untuk mencapai pengawetan. Akan tetapi, batasan dari penelitian ini adalah tidak dilakukan pengukuran volume pengawet yang masuk ke dalam tiap tubuh kadaver. Batasan kebutuhan pengawet pada tikus diperkirakan dengan melihat ekstrasvasasi cairan dari paru melalui hidung sesuai metode yang dilakukan di Departemen Forensik RSSA. Pengukuran konsentrasi formalin dan senyawa pengawet lain setelah dilakukan injeksi juga tidak dilakukan. Oleh karena itu, hubungan konsentrasi formalin yang masuk dengan pertumbuhan jamur belum dapat dipastikan.

Selanjutnya akan dibahas penetrasi formalin ke dalam jaringan oleh senyawa gliserin berhubungan dengan sifat disinfeksi formalin. Gliserin berinteraksi baik dengan hidrokarbon alifatik. Interaksi ini dapat meningkatkan solubilitas hidrokarbon alifatik, termasuk aldehida alifatik. Formalin atau formaldehida sendiri adalah senyawa aldehida alifatik yang paling sederhana

(Knowles et al, 2015). Akan tetapi, bila dibandingkan dengan glikol, terutama polietilene-glikol atau disingkat PEG, glikol memiliki interaksi yang lebih baik.

Dalam penelitian plastinasi pada reptil, PEG 400 dioleskan ke permukaan kadaver sebelum direndam dalam formalin untuk mencegah pertumbuhan jamur dan meningkatkan penetrasi formalin ke jaringan (Ekim et al, 2017; Knowles et al, 2015).

O'Sullivan dan Mitchell (1993) membahas pertumbuhan koloni jamur dari sudut berbeda. Menurut O'Sullivan, kadar air dalam larutan pengawet yang diinjeksikan dapat berhubungan dengan pertumbuhan jamur. Kadaver yang diawetkan dengan larutan mengandung lebih dari 25% H₂O menunjukkan pertumbuhan jamur yang lebih banyak. Akan tetapi, hal ini tidak terbukti benar pada penelitian ini, sebab pada kelompok Perlakuan 1 dengan perendaman dan kelompok Perlakuan 2 dengan perendaman masing-masing terdapat minimal 33% dan 39% air, tetapi tidak muncul jamur dalam durasi waktu empat bulan pasca perlakuan.

Masalah pertumbuhan jamur pada kadaver ini juga dialami oleh suatu pusat studi di Uttar Pradesh, India. Larutan pengawet yang awalnya hanya mengandung formalin, gliserin, dan asam karbol, yakni serupa dengan formula larutan pengawet Departemen Forensik RSSA, tidak dapat mencegah pertumbuhan jamur di lingkungan tropis setelah beberapa waktu. Namun setelah penambahan beberapa senyawa antiseptik seperti thymol, naftalene, dan garam-garam tertentu, pertumbuhan jamur dapat dihambat (Mishra et al, 2016).

6.7 Pembusukan Kadaver pada Kelompok tanpa Perendaman

Formula pengawet Departemen Forensik RSSA dikembangkan untuk memenuhi permintaan pengawetan jenazah pada kultur budaya dan agama tertentu yang memerlukan jenazah untuk disemayamkan beberapa saat.

Awalnya pengawetan hanya dilakukan dengan injeksi formalin 37%. Namun,

seperti disampaikan oleh Balta et al (2015), formalin memiliki pengaruh tidak baik pada kosmetik jenazah, yakni menyebabkan perubahan warna jaringan menjadi menghitam, termasuk kulit yang paling mudah dilihat oleh pelayat. Untuk kepentingan kosmetik itulah formula pengawet Departemen Forensik RSSA yang mengandung alkohol, air, parfum, dan gliserin sebagai tambahan dikembangkan.

Oleh karena memang tujuan kosmetik yang hendak dicapai, injeksi zat pengawet tidak dapat mempertahankan keadaan jenazah atau dalam hal ini kadaver untuk waktu yang lama. Pada *setting* diseksi dan proseksi anatomi, penelitian di luar negeri baik di Eropa, Amerika, maupun India melanjutkan injeksi dengan perlakuan tambahan. Perlakuan tambahan itu dapat berupa perendaman dalam larutan atau berupa pendinginan selama beberapa waktu (Benet, Rincon-Torroella, Lawton, 2014; Ekim et al, 2017; Gahukar et al, 2014; Hammer, Löffler, Feja, 2012; Hammer, Löffler, Bechmann, 2014; Urusopon et al, 2012).

Perlu digarisbawahi bahwa penelitian terdahulu yang mempelajari pengembangan larutan pengawet umumnya dilakukan di negara subtropis. Dengan begitu, keadaan iklim dan lingkungannya tentu berbeda dengan Indonesia, selain dari perbedaan sarana-prasarana laboratorium yang tersedia (Pietrzyk, Torres, Pietrzyk, 2016). Kelembapan udara di Indonesia khususnya Jawa Timur berkisar pada 80% ke atas, sedangkan di negara subtropis umumnya 70% hingga 76% (Time and Date, 2017). Hal ini sejalan dengan teori pembusukan, bahwa laju pembusukan lebih cepat di keadaan lingkungan lembap dibanding lingkungan kering (Madea, 2014).

Selain kelembapan, juga terdapat perbedaan suhu udara dan perbedaan siklus musim. Indonesia memiliki dua musim dengan rentang suhu 26-33°C sedangkan negara Eropa dan Amerika utara memiliki empat musim dengan rentang suhu 2-8°C (Time and Date, 2017). Udara tropis juga memiliki

konsentrasi mikroorganisme yang lebih tinggi, sehingga kadaver di lingkungan tropis lebih berisiko mengalami dekomposisi oleh bakteri (Tham, Zuraimi, 2005).



BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Menurut pembahasan dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa larutan pengawet Departemen Forensik RSSA dapat mempertahankan warna jaringan otot kadaver namun tidak terbukti dapat mempertahankan warna jaringan kulit. Larutan pengawet Departemen Forensik RSSA juga terbukti dapat mempertahankan struktur jaringan otot dan kulit serta mencegah pertumbuhan jamur pada kadaver. Akan tetapi, larutan pengawet Departemen Forensik RSSA tidak terbukti dapat memperbaiki bau kadaver. Dibutuhkan perlakuan tambahan berupa perendaman supaya larutan pengawet dapat mempertahankan warna, struktur jaringan, dan mencegah pertumbuhan jamur, sehingga kadaver dapat digunakan untuk pembelajaran anatomi untuk batas waktu empat bulan sesuai rentang waktu penelitian.

7.2 Saran

Beberapa kadaver baru di Laboratorium Anatomi FKUB diawetkan menggunakan larutan pengawet Departemen Forensik RSSA. Penelitian ini telah membuktikan beberapa aspek dalam pengawetan yakni warna, bau, struktur jaringan, dan pertumbuhan jamur. Namun penelitian ini memiliki beberapa kekurangan, yakni di antaranya adalah sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan penelitian dengan jangka waktu yang lebih lama untuk melihat efektivitas pengawetan setelah beberapa waktu.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan metode yang lebih obyektif, yakni di antaranya pengukuran kadar formalin dalam kadaver, pengukuran densitas uap formalin di sekitar kadaver, pengukuran warna secara

fotografi terkomputerisasi, dan kultur jamur dan bakteri serta identifikasi spesies mikroba.

3. Perlu dilakukan penelitian dengan subyek penelitian kadaver manusia atau kadaver hewan dengan ukuran yang lebih besar.

4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh larutan pengawet Departemen Forensik RSSA terhadap kelenturan jaringan dan fleksibilitas sendi.

5. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai metode injeksi pengawet, yakni pengaruh desanguinasi, pengaruh injeksi disertai drainase, pengaruh durasi injeksi, dan pengaruh volume injeksi.

6. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh perlakuan setelah injeksi, antara lain pendinginan kadaver pada suhu tertentu dan durasi perendaman.

7. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh larutan pengawet Departemen Forensik RSSA terhadap kadaver dengan luka terbuka, infeksi intravital terutama infeksi yang menular melalui cairan tubuh, dan kondisi patologis intravital lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Aydin, Fatma, Senturk, Nilgun, Sahin, Bunyamin, Bek, Yuksel, Yuksel, Esra Pancar, Turanli, Ahmet Yasar. 2007. A practical method for the estimation of vitiligo surface area: a comparison between the point counting and digital planimetry techniques. *European Journal of Dermatology*. Volume 17 nomor 1 halaman 30-32.

Balta, Joy Y., Cronin, Michael, Cryan, John F., O'Mahony, Siobhain M. 2015. Human Preservation Techniques in Anatomy. *Clinical Anatomy*. Volume 28 halaman 725-734.

Bangertera, Hannes, Boemkea, Susanne, Röthlisbergera, Raphael, et al. 2016. Combined maceration procedure permits advanced microsurgical dissection of Thiel-embalmed specimens. *Annals of Anatomy*. Volume 2010 halaman 9-17.

Bedino, James H. 2003. Embalming Chemistry: Glutaraldehyde versus Formaldehyde. *Expanding Encyclopedia of Mortuary Practices*. Volume 649 halaman 2614-2632.

Benet, Arnau, Rincon-Torroella, Jordina, Lawton, Michael T. 2014. Novel embalming solution for neurosurgical simulation in cadavers. *Journal of Neurosurgery*. Volume 120 halaman 1229-1237.

Benkhadra, Mehdi et al. 2010. Is Thiel's embalming method widely known? A world survey about its use. *Springer-Verlag*. DOI 10.1007/s00276-010-0705-6.

Brenner, Erich. 2014. Human Body Preservation – Old and New Techniques. *Journal of Anatomy*. Volume 224 halaman 316-344.

Cornwall, Jon, Stringer, Mark D. 2009. The Wider Importance of Cadavers: Educational and Research Diversity From a Body Bequest Program. *Anatomical Science Education*. Volume 2 halaman 234-237.

Demiryürek, Deniz, Bayramoğlu, Alp, Ustaçelebi, Şemsettin. 2002. Infective Agents in Fixed Human Cadavers: A Brief Review and Suggested Guidelines. *The Anatomical Record*. Volume 269 halaman 194-197.

Dyer, Owen. 2016. New York University medical cadavers found in mass grave. *BMJ*. Volume 353 halaman 3178.

Eisma, Roos, Lamb, Clare, Soames, R. W. 2013. From Formalin to Thiel Embalming: What Changes? One Anatomy Department's Experiences. *Clinical Anatomy*. Volume 26 halaman 564-571.

Ekim, Okan, Haziroğlu, R. Merih, Insal, Burcu, et al. 2017. A modified S10B silicone plastination method for preparation and preservation of scaled reptile specimens. *Veteriner Fakültesi dergisi*. Volume 64 halaman 155-160.

Elshaer, Noha Selim Mohamed, Mahmoud, Madiha Awad Elsayed. 2016. Toxic effects of formalin-treated cadaver on medical students, staff members, and workers in the Alexandria Faculty of Medicine. *Alexandria Journal of Medicine*. Volume 11 halaman 1-7.

Fischer, Andrew H., Jacobson, Kenneth A., Rose, Jack, Zeller, Rolf. 2008. Hematoxylin and Eosin Staining of Tissue and Cell Sections. *Cold Spring Harbor Protocols*. Volume 3 nomor 5 halaman 1-2.

Gahukar, Shailesh, Ramteke, Ujwala, Majumdar, Deepanjan, et al. 2014. Prevalence of formaldehyde in indoor air of gross anatomy laboratory and cadaver storage room of a medical college. *Journal of Environmental and Occupational Science*. Volume 3 nomor 4 halaman 181-185.

Gurbuz, Neslihan, Coskun, Zafer Kutay, Liman, Feza Anil, Anil, Afitap, Turgut, Hasan Basri. 2016. The Evaluation of Formaldehyde Exposure in the Anatomy Laboratories and the Preventive Measures. *GMJ*. Volume 27 halaman 98-103.

Hayashi, Shogo, Homma, Hiroshi, Naito, Munekazu, Oda, Jun, Nishiyama, Takahisa. 2014. Saturated Salt Solution Method: A Useful Cadaver Embalming for Surgical Skills Training. *Medicine Journal*. Volume 94 nomor 27 halaman 1-10.

Hayashi, Shogo, Naito, Munekazu, Kawata, Shinici, Qu, Ning, et al. 2015. History and future of human cadaver preservation for surgical training: from formalin to saturated salt solution method. *Anatomical Science International*. Volume 91 nomor 1 halaman 1-7.

Hammer, Niels, Löffler, Sabine, Feja, Christine, et al. 2012. Ethanol-glycerin fixation with thymol conversation: A potential alternative to formaldehyde and phenol embalming. *Anatomical Sciences Education*. Volume 5 halaman 225-233.

Hammer, Niels, Löffler, Sabine, Bechmann, Ingo, et al. 2014. Comparison of Modified Thiel Embalming and Ethanol-Glycerin Fixation in an Anatomy Environment: Potentials and Limitations of Two Complementary Techniques. *Anatomical Sciences Education*. DOI 10.1002/ase.1450.

Healy, Samuel E. et al. 2015. Thiel Embalming Method for Cadaver Preservation: A Review of New Training Model for Urologic Skills Training. *Urology*. Volume 85 halaman 499-504.

Hunter, Amanda, Eisma, Roos, Lamb, Clare. 2014. Thiel Embalming Fluid: A New Way to Revive Formalin-Fixed Cadaveric Specimens. *Clinical Anatomy*. Volume 27 halaman 853-855.

Knowles, D. B., Shkel, Irina A., Phan, Noel M., et al. 2015. Chemical Interactions of Polyethylene Glycols (PEG) and Glycerol with Protein Functional Groups: Applications to PEG, Glycerol Effects on Protein Processes. *Biochemistry*. Volume 54 nomor 22 halaman 3528-2542.

Kundu, Surajit, Gangrade, Pooja. 2015. Study of the Toxic Effects of Formaldehyde Vapours within the Dissection Hall on the First Year Indian Medical Students. *International Journal of Anatomy and Research*.

Volume 3 halaman 1179-1190.

Lauber, Christian L., Metcalf, Jessica L., Keepers, Kyle, Ackermann, Gail, Carter,

David O. Knight, Rob. 2014. Vertebrate Decomposition is Accelerated by

Soil Microbes. *Applied and Environmental Microbiology*. Volume 80

nomor 16 halaman 4920-4929.

Leary, Steven, et al. 2013. AVMA Guidelines for the Euthanasia of Animals.

American Veterinary Medical Association, Schaumburg, halaman: 20-22.

MacDonald, Gordon J., MacGregor, Douglas B. 1997. Procedures for Embalming

Cadavers for the Dissecting Laboratory. *P. S. E. B. M.* Volume 215

halaman 363-365.

Madea, Burkhard. 2014. *Handbook of Forensic Medicine*. West Sussex: Wiley

Blackwell.

Mayer, Robert G. 2006. *Embalming: History, Theory, and Practice, Fourth Edition*.

New York: McGraw-Hill Companies.

Mishra, Suniti Raj, Passey, Jigyasa, Singh, Rahul, et al. 2016. Embalming Fluid -

Modified Composition for Hot and Humid Places.

Nair, Shema K., Thaduri, Naresh, Joshi, Vijay Rajeev, Gupta, S. D. 2016. An

exploration of hazardous effects of formaldehyde fumes on medical

students. *International Journal of Biomedical and Advance Research*.

Volume 7 nomor 9 halaman 485-488.

Nicholson, H. D., Samalia, L., Gould, M., et al. 2005. A comparison of different

embalming fluids on the quality of histological preservation in human

cadavers. *European Journal of Morphology*. Volume 42 nomor 4 halaman

178-184.

Jaung, Rebekah, Cook, Peter, Blyth, Phil. 2011. A Comparison of Embalming Fluids for Use in Surgical Workshops. *Clinical Anatomy*. Volume 24 halaman 155-161.

Jolly-Tonetti, Nicholas, Wibawa, Judata I. D., Bell, Mike, Tobin, Desmond. 2016. Melanin fate in the human epidermis: a reassessment of how best to detect and analyse histologically. *Experimental Dermatology*. Volume 25 nomor 7 halaman 501-504.

Pietrzyk, Łukasz, Torres, Anna, Denisow-Pietrzyk, Marta, et al. 2016. Formaldehyde-related clinical symptoms reported by medical students during gross anatomy cadaver dissection. *Przegląd Dermatologiczny*. Volume 103 halaman 273-280.

Pubchem. 2017. Etanol. ONLINE (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/etanol>). Diakses 15 Maret 2017 pukul 12:15.

Pubchem. 2017. Formalin-12C solution. ONLINE (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/71309205>). Diakses 15 Maret 2017 pukul 11:59.

Pubchem. 2017. Glycerol. ONLINE (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/glycerol>). Diakses 15 Maret 2017 pukul 12:13.

Saeed, Muhammad. 2001. Mummification to Plastination. *Saudi Medical Journal*. Volume 22 nomor 11 halaman 956-959.

Supranto, J. 2000. *Teknik Sampling untuk Survei dan Eksperimen*. Jakarta: Rineka Cipta.

Tandon, A., Bhatnagar, R., Pokhrel, Rishi, Solanke, Kirti. 2014. Phenoxetol as a formaldehyde-removing agent for long-term preservation: our experience. *European Journal of Anatomy*. Volume 18 nomor 4 halaman 267-272.

Tank, Patrick W. 2013. *Grant's Dissector Fifteenth Edition*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.

Tham, K. W., Zuraimi, M. S. 2005. Size relationship between airborne viable bacteria and particles in a controlled indoor environment study. *Indoor Air*. Volume 15 suplemen 9 halaman 48-57.

Time and Date. 2017. *Weather for Malang, Java, Indonesia*. (Online), (<https://www.timeanddate.com/weather/indonesia/malang>, diakses 10 Desember 2017).

Tucker, Mary J. 2003. *Diseases of the Wistar Rat*. London: Taylor & Francis.

Turan, Erkut, Gules, Ozay, Kilimci, Figen Sevil, et al. 2017. The mixture of liquid foam soap, ethanol and citric acid as a new fixative–preservative solution in veterinary anatomy. *Annals of Anatomy*. Volume 209 halaman 11-17.

Urusopon, Kriengkrai, Pornkunnatham, Umphaphorn, Roongruangchai, Jantima, et al. 2012. The Histology of the Pineal Gland in Cadaveric Embalmed Specimens. *Siriraj Medical Journal*. Volume 64 suplemen 1 halaman 54-57.

Uthiravelu, P., Saravanan, A., Kumar, C. Kishor, Vaithyanandane, V. 2015. Pulmonary function test in formalin exposed and nonexposed subjects: A comparative study. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*. Volume 7 suplemen 1 halaman 535-539.

Vass, Arpad A. 2001. Beyond the Grave – Understanding Human Decomposition. *Microbiology Today*. Volume 28 halaman 190-192.

Verstraete, Matthias André, van der Straeten, Catherine, de Lepelère, Bram, Opsomer, et al. 2015. Impact of Drying and Thiel Embalming on Mechanical Properties of Achilles Tendons. *Clinical Anatomy*. Volume 28 halaman 994-1001.

Vesalius, Andreas. 1543. *De Humani Corporis Fabrica*. Padua: Universitas Studii Paduani.

Vij, Krishan. 2011. *Textbook of Forensic Medicine and Toxicology*, 5/e. New Delhi:

Elsevier.

Zoeckler, Veronica. 2015. *Rat Dissection Guide Including pregnant female*.

Ward's Science.

