PENGARUH EKSTRAK ETANOL KAYU MANIS *(CINNAMOMUM BURMANNI)* TERHADAP HISTOPATOLOGIS USUS BANGKAI MENCIT SAAT PEMBUSUKAN

Skripsi
Diajukan guna memenuhi
sebagian syarat memperoleh derajat Sarjana Kedokteran
Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan
Universitas Lambung Mangkurat

Oleh
Yasrinna Putri Sophia
2210911320046

PROGRAM STUDI KEDOKTERAN PROGRAM SARJANA
FAKULTAS KEDOKTERAN DAN ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARMASIN

Januari 2026

PENGESAHAN SKRIPSI

PENGARUH EKSTRAK ETANOL KAYU MANIS (CINNAMOMUM BURMANNI) TERHADAP HISTOPATOLOGIS USUS BANGKAI MENCIT SAAT PEMBUSUKAN

Yasrinna Putri Sophia, NIM: 2210911320046

Telah dipertahankan di hadapan Dewan Penguji Skripsi
Program Studi Kedokteran Program Sarjana
Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan
Universitas Lambung Mangkurat
Pada Hari Senin, 5 Januari 2026

Pembimbing I
Nama: dr. Nila Nirmalasari, M.Sc, M,H. Sp.F .....
NIP : 198306232010012009

Pembimbing II
Nama: Dr. dr. Oski Illiandri, M.kes .....
NIP : 197702212006041001

Penguji I
Nama: Dr. dr. Iwan Aflanie, M.Kes, Sp.F, SH .....
NIP : 197309141998021001

Penguji II
Nama: dr. Ahmad Husairi, M.Ag, M.Imun .....
NIP : 197604191996032004

Banjarmasin, 26 Januari 2026
Mengetahui,
Koordinator Program Studi Kedokteran Program Sarjana

Prof. Dr. dr. Triawanti, M.Kes.
NIP 197109121997022001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Banjarmasin, 05 Januari 2026

Yasrinna Putri Sophia

ABSTRAK

PENGARUH EKSTRAK ETANOL KAYU MANIS (CINNAMOMUM BURMANNII) TERHADAP HISTOPATOLOGIS USUS BANGKAI MENCIT SAAT PEMBUSUKAN

Yasrinna Putri Sophia

Pembusukan pasca kematian melibatkan autolisis dan putrefaksi, dengan usus sebagai organ paling rentan akibat mikroflora padat dan enzim pencernaan aktif**.** Formalin, meski efektif, bersifat toksik dan karsinogenik. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh ekstrak etanol kayu manis terhadap perubahan histopatologis usus bangkai mencit selama pembusukan. Sebanyak 25 ekor mencit jantan dibagi menjadi lima kelompok: tanpa perlakuan, aquades, formalin 10%, ekstrak 25%, dan ekstrak 50%. Setelah euthanasia, usus diberi perlakuan dan diamati pada jam ke-24. Parameter utama adalah skor histopatologis berdasarkan degenerasi epitel mukosa dan nekrosis jaringan (skala 0–8). Hasil menunjukkan bahwa kelompok tanpa perlakuan dan aquades mengalami kerusakan berat (skor rata-rata 7,2–7,6), sedangkan kelompok ekstrak 50% menunjukkan kerusakan minimal (skor 0,2 ± 0,45), setara dengan kelompok formalin (skor 0,0). Uji Kruskal-Wallis menunjukkan perbedaan sangat bermakna ($p < 0,001$). Simpulan: ekstrak etanol kayu manis 50% mampu memperlambat degradasi histopatologis usus bangkai mencit secara signifikan, menjadikannya kandidat alternatif alami pengganti formalin.

Kata-kata kunci: kayu manis, pembusukan, usus, histopatologi, pengawet alami

ABSTRACT

THE EFFECT OF ETHANOL EXTRACT OF CINNAMON (CINNAMOMUM BURMANNII) ON THE HISTOPATHOLOGY OF MOUSE INTESTINES DURING DECOMPOSITION

Yasrinna Putri Sophia

Postmortem decomposition involves autolysis and putrefaction, with the intestine being the most vulnerable organ due to its dense microbiota and active digestive enzymes. Although formalin is effective, it is toxic and carcinogenic. This study aimed to evaluate the effect of cinnamon ethanolic extract on histopathological changes in postmortem mouse intestine during decomposition. Twenty-five male mice were divided into five groups: no treatment, aquades, 10% formalin, 25% extract, and 50% extract. After euthanasia, intestines were treated and observed at 24 hours. The main parameter was histopathological score based on mucosal epithelial degeneration and tissue necrosis (scale 0–8). Results showed severe damage in control groups (mean scores 7.2–7.6), while the 50% extract group exhibited minimal damage (score 0.2 ± 0.45), comparable to formalin (score 0.0). Kruskal-Wallis test revealed highly significant differences ($p < 0.001$). Conclusion: 50% cinnamon ethanolic extract significantly delays histopathological degradation of postmortem mouse intestine, making it a promising natural alternative to formalin.

Keywords: *cinnamon, decomposition, intestine, histopathology, natural preservative*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **"Pengaruh Ekstrak Etanol Kayu Manis (*Cinnamomum Burmanni*) Terhadap Histopatologis Usus Bangkai Mencit Saat Pembusukan".** Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian syarat guna memperoleh derajat sarjana kedokteran di Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Lambung Mangkurat Banjarmasin. Dalam kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Prof. Dr. dr. Syamsul Arifin, M.Pd., FISPH., FISCM. yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian
2. Koordinator Program Studi kedokteran Program Sarjana, Prof. Dr. dr. Triawanti, M.Kes yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian
3. Kedua dosen pembimbing, dr. Nila Nirmalasari, M.Sc, M,H.Sp. FM dan Dr. dr. Oski Illiandri , M.Kes atas segala bimbingan, kesabaran, dan ketulusan yang diberikan selama proses penyusunan skripsi ini, di tengah kesibukan beliau sebagai pendidik dan akademisi, beliau tetap meluangkan waktu untuk membimbing penulis dengan penuh perhatian dan kesungguhan. Setiap koreksi, arahan, dan dukungan yang diberikan tidak hanya membentuk kualitas skripsi ini, tetapi juga membentuk cara berpikir dan kedewasaan penulis dalam menempuh proses akademik. Doa dan rasa hormat yang tulus

penulis panjatkan untuk dokter sekalian, semoga ilmu, dedikasi, dan keteladanan yang telah ditanamkan menjadi amal jariyah yang tidak terputus.

4. Kedua penguji Dr. dr. Iwan Aflanie. M.Kes.,Sp.F,SH dan dr. Ahmad Husairi, M.Ag, M.Imun yang berkenan meluangkan waktu dan memberikan kritik dan saran sehingga skripsi ini menjadi semakin baik.
5. Kepala departemen laboratorium Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Lambung Mangkurat, dr. Ahmad Husairi, M.Ag., M.Imun. Dan seluruh jajaran staff divisi Biomedik untuk kelapangan hati nya meminjamkan laboratorium anatomi sebagai tempat kami melakukan penelitian.
6. Kedua orang tua yang penulis sayangi dan cintai, Bapak Wahyudi S.Sos., M.M dan Ibunda Tira Nidianty Bayu Amd. Kep, yang merupakan sumber kekuatan dan inspirasi dalam hidup penulis. Terima kasih atas curahan kasih sayang, doa tulus yang tiada henti, pengorbanan yang tak terhitung nilainya, serta dukungan moral dan materi yang tiada batas. Segala keberhasilan ini adalah buah dari air mata, keringat dan dukungan kalian.
7. Adik-adik penulis Muhammad Justitia Tajudin Noor dan Muhammad Jausyan Yudhistira, Terima kasih atas semangat, dukungan, dan pengertian yang kalian berikan selama proses penyusunan skripsi ini dan proses pendidikan ini. Kehadiran kalian adalah sumber motivasi bagi penulis untuk terus semangat dalam menjalani proses ini.
8. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kakek dan nenek tercinta atas doa, kasih sayang, dan dukungan yang tiada henti. Semoga

segala kebaikan dan pengorbanan yang telah diberikan mendapat balasan terbaik dari Allah SWT.

9. Sahabat-sahabat dekatku, Sulistia, TBC, dan Andoman. Terima kasih telah menjadi pendengar setia keluhan, memberikan tawa, berbagi cerita dan menjadi sumber energi positif bagi penulis dalam menjalani dunia perkuliahan dan dunia luar selama ini. Semoga hubungan persahabatan ini akan berjalan dengan baik sampai kapanpun.
10. Penulis mengucapkan terima kasih kepada seseorang yang tidak dapat penulis sebutkan namanya, atas doa, perhatian, serta dukungan yang telah diberikan, baik secara langsung maupun tidak langsung, selama proses penyusunan proposal dari bab 1-4 ini. Kehadiran dan peran yang diberikan selama 2,5 tahun menjadi salah satu sumber semangat bagi penulis walaupun yang tersisa sekarang hanya tinggal puing-puing dari kenangannya.
11. Terakhir, Penulis ucapkan terimakasih kepada Alfarel Gazali, terimakasih sudah hadir menjadi obat penyembuh, menemani penulis bimbingan, penelitian, dan menjadi penyemangat penulis dalam menyelesaikan bab 5-6 hingga karya ini dapat diselesaikan dengan baik. Semoga segala kebaikan mendapatkan balasan yang terbaik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi penulis berharap penelitian ini bermanfaat bagi dunia ilmu pengetahuan.

Banjarmasin, Januari 2026

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL ..... **i**
PENGESAHAN SKRIPSI ..... **ii**
PERNYATAAN ..... **iii**
ABSTRAK ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
KATA PENGANTAR ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **ix**
DAFTAR TABEL ..... **xi**
DAFTAR GAMBAR ..... **xii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xv**
DAFTAR SINGKATAN ..... **xvi**
BAB I PENDAHULUAN **1**
A. Latar Belakang Masalah 1
B. Rumusan Masalah 6
C. Tujuan Penelitian 6
D. Manfaat Penelitian 7
E. Keaslian Penelitian 7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **9**
A. Pembusukan dan Proses Putrefaksi 9
B. Struktur dan Histologi Usus Mencit *(Mus musculus)* 11
C. Pengawetan Jaringan Biologis Pasca Mortem 12
D. Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*) 14
E. Cinnamaldehyde 19
F. Eugenol 20
G. Tannin 21
H. Coumarin 21
I. Kaemferol 22

J. Metode Pemeriksaan Histopatologis Usus 24
BAB III LANDASAN TEORI DAN HIPOTESIS 26
A. Landasan Teori 26
B. Hipotesis 30
BAB IV METODE PENELITIAN 31
A. Rancangan Penelitian..... 31
B. Populasi dan Sampel..... 31
C. Instrument Penelitian 33
D. Variable Penelitian..... 34
E. Definisi Operasional 35
F. Prosedur Penelitian 38
G. Teknik Pengumpulan Data dan Pengolahan Data..... 41
H. Cara Analisis Data 43
I. Waktu dan Tempat Penelitian..... 45
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 46
A. Gambaran Histopatologis Usus Mencit pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian.....46
B. Pembahasan Gambaran Histopatologis Usus Mencit pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian.....65
BAB VI PENUTUP 74
A. Kesimpulan 74
B. Saran 75
DAFTAR PUSTAKA 76
LAMPIRAN 82

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1.1	Keaslian Penelitian Terkait Pengaruh Ekstrak Kayu Manis terhadap Histopatologis Jaringan Postmortem.	7
2.1	Fase Pembusukan pada Jenazah Berdasarkan Perubahan Tampilan Fisik.	10
2.2	Klasifikasi Taksonomi *Cinnamomum burmannii*	16
4.1	Kelompok Penelitian	32
5.1	Rerata Skor Perubahan Histopatologis Usus Mencit 24 jam pascakematian	64
5.2	Ranks Kruskal–Wallis Skor Perubahan Histopatologis	65
5.3	Hasil Uji Kruskal–Wallis Skor Perubahan Histopatologis	65
5.4	Hasil uji Mann–Whitney antar pasangan kelompok	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
2.1	Pohon Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*).....	16
2.2	Daun kayu manis (*Cinnamomum burmannii*)	16
2.3	Struktur *(E)-3-phenylprop-2-enal*.....	19
2.4	Struktur *4-allyl-2-methoxyphenol*.....	20
2.5	Struktur *3,4,5-trihydroxybenzonic*.....	20
2.6	Struktur *1-benzopyran-2-one*.....	21
2.7	Struktur *3,5,7-trihydroxy-2-(4-hydroxyphenyl)-4H-1-benzopyran-4-one*	22
3.1	Kerangka Teori Studi Eksperimental In Vitro mengenai Efek Pengawetan Ekstrak Etanol Kayu Manis *(Cinnamomum burmannii)* terhadap Perubahan Histopatologis Usus Bangkai Mencit *(Mus musculus)* Selama Fase Pembusukan..	29
3.2	Kerangka Konsep Studi Eksperimental In Vitro mengenai Efek Pengawetan Ekstrak Etanol Kayu Manis *(Cinnamomum burmannii)* terhadap Perubahan Histopatologis Usus Bangkai Mencit *(Mus musculus)* Selama Fase Pembusukan..	30
5.1	Histopatologis Usus Mencit-1 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Tanpa Perlakuan Hasil pengamatan terhadap Perubahan Histopatologis Usus Mencit pada Interval	46
5.2	Histopatologis Usus Mencit-2 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Tanpa Perlakuan	47
5.3	Histopatologis Usus Mencit-3 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Tanpa Perlakuan	48
5.4	Histopatologis Usus Mencit-4 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Tanpa Perlakuan	48
5.5	Histopatologis Usus Mencit-5 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Tanpa Perlakuan	49
5.6	Histopatologis Usus Mencit-1 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Formalin 10%	50

5.7 Histopatologis Usus Mencit-2 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Formalin 10% 51

5.8 Histopatologis Usus Mencit-3 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Formalin 10% 51

5.9 Histopatologis Usus Mencit-4 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Formalin 10% 52

5.10 Histopatologis Usus Mencit-5 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Formalin 10%\ 53

5.11 Histopatologis Usus Mencit-1 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Aquades 54

5.12 Histopatologis Usus Mencit-2 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Aquades 54

5.13 Histopatologis Usus Mencit-3 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Aquades 55

5.14 Histopatologis Usus Mencit-4 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Aquades 56

5.15 Histopatologis Usus Mencit-5 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Aquades 57

5.16 Histopatologis Usus Mencit-1 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Ekstrak Kayu Manis 25% 57

5.17 Histopatologis Usus Mencit-2 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Ekstrak Kayu Manis 25% 58

5.18 Histopatologis Usus Mencit-3 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Ekstrak Kayu Manis 25% 59

5.19 Histopatologis Usus Mencit-4 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Ekstrak Kayu Manis 25% 60

5.20 Histopatologis Usus Mencit-4 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Ekstrak Kayu Manis 25% 60

5.21 Histopatologis Usus Mencit-1 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Ekstrak Kayu Manis 50% 61

5.22 Histopatologis Usus Mencit-2 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Ekstrak Kayu Manis 50% 62

5.23 Histopatologis Usus Mencit-3 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Ekstrak Kayu Manis 50% 63

5.24 Histopatologis Usus Mencit-4 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Ekstrak Kayu Manis 50% 63

5.25 Histopatologis Usus Mencit-5 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Ekstrak Kayu Manis 50% 64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran		Halaman
1	Surat *Etichal clearance*	83
2	Surat Peminjaman Laboratorium Anatomi Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Lambung Mangkurat	84
3	Dokumentasi Penelitian.....	85
4	Tabel Hasil Perhitungan Histopatologi di 5 Perlakuan	90

DAFTAR SINGKATAN

PMI : (*Postmortem Interval*)

TPC : (*Total Plate Count*)

HE : (*Hematoksilin–Eosin*)

STZ : (*Streptozotocin*)

COX-2 : (*Cyclooxygenase*-2)

NO : (*Nitric Oxide*)

ROS : (*Reactive Oxygen Species*)

DPPH : (2,2-*Diphenyl*-1-*picrylhydrazyl*)

GRAS : (*Generally Recognized As Safe*)

FDA : (*Food and Drug Administration*)

p-value : (p)

SD : (*Standard Deviation*)

FKIK : Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan

ULM : Universitas Lambung Mangkurat

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Kematian, dalam berbagai manifestasinya adalah fenomena biologis yang universal namun masih menyimpan banyak teka-teki. Setelah kehidupan berhenti, terjadi berbagai proses biologis kompleks yang saling berkaitan. Salah satu proses penting yang terjadi pasca kematian adalah pembusukan. Pembusukan merupakan suatu proses alami dimana jaringan tubuh mulai mengalami degredasi akibat aktivitas mikroba, enzim tubuh sendiri, dan perubahan kimiawi.[1] Meskipun sering kali dianggap sekadar sebagai akhir dari kehidupan, sejatinya pembusukan menyimpan banyak informasi berharga, terutama dalam konteks Kedokteran forensik, patologi, dan ilmu dasar biomedik.

Organ yang sangat penting dalam proses pembusukan adalah usus, khususnya usus halus. Mengapa? Karena usus merupakan tempat dengan konsentrasi mikrofloral tertinggi dalam tubuh makhluk hidup. Selain kematian, bakteri bakteri ini keluar dari lumen usus dan mulai menjalar ke jaringan lain, memicu autolisis serta putrefaksi. Proses ini kemudian memengaruhi perubahan struktur seluler dan jaringan pada organ tersebut. Oleh karena itu, perubahan histopatologis usus merupakan indikator yang sangat sensitif untuk mempelajari tahapan pembusukan.[2]

Di tengah semakin berkembangnya ilmu pengetahuan, muncul pertanyaan yang menarik Bisakah proses pembusukan dimodifikasi? Pertanyaan ini bukan hanya bersifat teoritis melinkan juga praktis. Jika proses pembusukan dapat

diperlambat, dimodifikasi, atau dikendalikan, maka manfaatnya akan sangat besar, baik dalam bidang Kedokeran forensik untuk menentukan postmortem interval (PMI), dalam pengawetan spesimen anatomi, maupun dalam pengembangan metode pengawetan jenazah yang lebih alami dan ramah lingkungan.[3]

Dalam konteks ini, bahan bahan alami mulai menarik perhatian para peneliti. Salah satunya adalah kayu manis *(Cinnamomum burmanni).* Selama ribuan tahun, kayu manis telah digunakan sebagai rempah, bahan pengobatan tradisional, bahkan pengawet makanan. Minyak atsiri dan ekstrak dari tanaman ini kaya akan senyawa aktif seperti cinnamaldehyde, eugenol, tanin, flavonoid, saponin, dan alkaloid yang terbukti memiliki efek antibakteri, antioksidan, dan antijamur.[4]

Beberapa peneltitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa ekstrak etanol kayu manis memiliki potensi besar dalam menghabambat pertumbuhan mikroorganisme, termasuk bakteri pembusuk. Studi oleh Sanjaya dan Manullang (2021) menunjukkan bahwa ekstrak etanol kayu manis mampu mengurangi diare yang diinduksi oleh oleum ricini pada mencit. Melalui aktivitas astringen dan antimikroba senyawa aktifnya.[5] Ini menandakan bahwa ekstrak kayu manis mampu mempengaruhi kondisi mikrobiota usus yang mana mikrobiota ini pula yang berperan besar dalam pembusukan pascakematian.[5] Namun demikian , sampai saat ini, belum banyak penelitian yang secara spesifik meneliti efek meneliti efek pemberian ekstrak etanol kayu manis terhadap struktur histopatologi usus setelah kematian, terutama dalam retang waktu pembusukan yang alami. Apakah ekstrak ini mampu menghambat proses degenerasi jaringan? Apakah terdapat perbedaan struktur histologis antara bangkai mencit yang diberikan ekstrak dan yang tidak?

Pertanyaan pertanyaan inilah yang mendasari urgensi penilitian ini.

Penelitian terhadap perubahan histopatologis usus selama pembusukan, jika dikaitkan dengan pemberian ekstrak etanol kayu manis , membuka peluang besar bagi integrasi antara ilmu tradisional dan modern. Selain sebagai eksplorasi ilmiah, pendekatan ini juga menjadi misi humanistik menciptakan metode pengawetan tubuh yang lebih alami, tanpa bahan kimia sintetis yang berbahaya bagi lingkungan atau manusia.[6] Di era modern yang semakin sadar terhadap keberlanjutan dan keamanan biolohis, upaya menggali potensi bahan alam sebagai agen bioaktif dalam proses postmortem menjadi lebih dari sekadar tren ia adalah panggilan zaman. Penelitian ini, meskioun berbasis pada model hewan percobaan seperti mencit *(Mus musculus),* dapat menjadi awal dari transformasi cara pandang kita terhadap proses pembusukan, serta memberikan landasan awal dalam menciptakan teknologi pengawetan berbasis fitokimia alami.[6] Dengan menyelediki hubungan antara pemberian ekstrak etanol kayu manis dan perubahan histopatologis usus selama pmebusukan, penilitian ini diharapkan dapat mengungkap mekanisme biologis baru, sekaligus memberikan kontribusi bagi kemajuan ilmu biomedis dan forensik di masa depan.

Dalam upaya menjaga integritas spesimen biologis seperti jaringan usus mencit selama proses dekomposisi, diperlukan agen pengawet yang tidak hanya efektif secara farmakologis, tetapi juga aman, mudah diakses, dan berakar pada kearifan lokal. Salah satu tumbuhan yang memenuhi semua kriteria tersebut adalah kayu manis *(Cinnamomum spp.)*, yang telah lama dikenal di masyarakat Indonesia, termasuk di wilayah Kalimantan Selatan, sebagai tanaman herbal multifungsi yang

diwariskan secara turun-temurun. Di daerah seperti Kabupaten Hulu Sungai Selatan dan Tanah Laut, kayu manis bukan hanya sekadar komoditas rempah, tetapi bagian dari kehidupan sosial dan ekonomi masyarakat, baik sebagai bahan jamu, bumbu dapur, maupun aroma terapi yang digunakan dalam ritual-ritual tradisional.

Pemilihan kayu manis dalam penelitian ini bukanlah semata-mata karena popularitasnya, melainkan karena kandungan senyawa bioaktifnya yang sangat kaya, seperti cinnamaldehyde, eugenol, coumarin, asam sinamat, kaempferol, hingga proanthocyanidin, yang telah terbukti secara ilmiah memiliki aktivitas antibakteri, antioksidan, antiinflamasi, dan antijamur.[7] Senyawa-senyawa tersebut tidak hanya bekerja secara individu, tetapi juga sinergis, membentuk mekanisme pertahanan kimiawi yang mampu menahan invasi mikroorganisme pembusuk. Cinnamaldehyde, sebagai komponen utama, telah diteliti mampu merusak membran sel bakteri dan menghambat sintesis protein mikroba patogen.[8] Ini sangat penting dalam konteks pengawetan jaringan mencit, yang sangat rentan terhadap proses autolisis dan kolonisasi bakteri anaerob setelah kematian.

Kelebihan lain yang menjadi pertimbangan adalah bahwa kayu manis sangat kompatibel dengan pelarut etanol, yang juga digunakan dalam penelitian ini. Berbeda dengan beberapa tanaman herbal lain yang senyawanya cepat terdegradasi oleh suhu atau oksidasi, senyawa dalam kayu manis cenderung stabil dan larut dengan baik dalam etanol, sehingga memaksimalkan potensi bioaktifnya dalam bentuk ekstrak.[9] Hal ini memberikan keuntungan teknis dalam proses ekstraksi dan aplikasi di laboratorium.

Banyak bahan alami lain memang memiliki senyawa bioaktif, tetapi tidak semua dapat memberikan efek ganda seperti ini, yaitu sebagai antibakteri sekaligus antiinflamasi. Dari sisi keamanan, ekstrak etanol kayu manis juga tergolong non-toksik dan telah diakui sebagai GRAS (Generally Recognized As Safe) oleh FDA, sehingga penggunaannya dalam percobaan laboratorium maupun pengembangan produk biologis menjadi jauh lebih aman dan terkendali.[10]

Dari sudut pandang keberlanjutan dan ekonomi lokal, kayu manis memiliki keunggulan karena merupakan salah satu komoditas yang mulai dikembangkan oleh petani di Kalimantan Selatan, khususnya dalam program agroforestri. Tanaman ini cocok ditanam di lahan marginal, memberikan nilai tambah bagi masyarakat setempat tanpa mengganggu ekosistem. Dengan mengangkat tanaman lokal seperti kayu manis ke dalam ranah penelitian ilmiah, diharapkan tercipta kolaborasi antara ilmu pengetahuan dan pelestarian kearifan lokal, yang tidak hanya memperkuat validitas akademik penelitian, tetapi juga memberikan dampak positif secara sosial.

Tidak kalah penting, aroma khas kayu manis yang manis dan hangat menjadikannya tidak hanya efektif tetapi juga humanis, tidak menimbulkan rasa jijik atau tidak nyaman saat diaplikasikan pada spesimen yang sedang diawetkan. Hal ini menjadi sangat relevan dalam konteks pengajaran atau demonstrasi praktikum, di mana kenyamanan dan penerimaan mahasiswa terhadap bahan pengawet juga mempengaruhi kualitas pembelajaran.

Dengan mempertimbangkan seluruh aspek dari kandungan kimia, efisiensi farmakologis, kemudahan akses, nilai sosial budaya, hingga kesesuaiannya dengan

pelarut dan kondisi lokal, pemilihan kayu manis sebagai bahan dasar dalam penelitian ini menjadi tidak hanya logis tetapi juga bermakna. Ia adalah bentuk sintesis antara ilmu laboratorium dan budaya lokal, antara efektivitas ilmiah dan empati terhadap alam serta masyarakat Kalimantan Selatan yang menjadi bagian dari narasi besar penelitian ini.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah Apakah pemberian ekstrak etanol kayu manis berpengaruh terhadap perubahan histopatologis usus bangkai mencit selama proses pembusukan?

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan umum

Untuk mengetahui pengaruh pemberian ekstrak etanol kayu manis terhadap perubahan histopatologis usus bangkai mencit selama proses pembusukan.

2. Tujuan khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini yaitu:

a. Mengamati perubahan histopatologis usus mencit pada interval waktu tertentu setelah kematian
b. Membandingkan perubahan histopatologis usus antara mencit yang diberikan ekstrak etanol kayu manis dengan yang tidak.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya pengetahuan dalam bidang histopatologis postmortem dan memberikan wawasan baru mengenai potensi penggunaan bahan alami, seperti kayu manis, dalam memodulasi proses pembusukan

2. Manfaat praktis

Hasil dari penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan metode baru dalam bidang forensik, khususnya dalam menentukan waktu kematian berdasarkan perubahan histopatologis usus. Selain itu, penelitian ini juga dapat membuka peluang untuk penggunaan kayu manis dalam pengawetan organ atau jaringan dalam konteks medis dan forensik.

E. Keaslian Penelitian

Tabel 1.1 Keaslian Penelitian Terkait Pengaruh Ekstrak Kayu Manis terhadap Histopatologis Jaringan Postmortem**.**

No	Nama Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1	Kim et al. (2023)	Cinnamomum cassia hot water extract improves inflammation and tight junctions in the intestine in vitro and in vivo	Histopatologi, ekstrak kayu manis, hewan coba	Fokus inflamasi, bukan postmortem
2	Rani RE, Nefertiti EP,& Handajani F (2021)	Pengaruh Ekstrak Kayu Manis terhadap Gambaran histopatologis Ginjal pada Tikus Putih Jantan yang Diinduksi Parasetamol	Metode histapotologi, Menggunakan hewan coba mencit, Menggunakan ekstrak kayu	Organ yang diamati ginjal bukan usus, Bukan studi postmortem/ pembusukan

No	Nama Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian	Persamaan	Perbedaan
			manis.	
3	Ansharieta et al. (2020)	Effect of cinnamon bark oil on pancreatic histopathology in STZ-induced diabetic rats	Histopatologi, hewan coba	Fokus pankreas, bukan usus atau postmortem

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembusukan dan Proses Putrefaksi

Pembusukan atau dekomposisi adalah proses degradasi jaringan secara alami yang terjadi pada organisme yang telah mati, dalam hal ini adalah tubuh jenazah.[11] Ditandai dengan disinterasi struktur jaringan dan sel akibat kerja enzim endogen (autolisis) serta aktivitas mikroorganisme eksogen maupun endogen (putrefaksi). Autolisis, sebagai tahap awal pembusukan merupakan hasil dari penghentian aliran darah dan oksigen, sehingga terjadi penurunan pH intraseluler yang menyebablan enzim lisosomal, seperti protease, nuklease, dan lipase, menguraikan komponen selular secara autodigesti.[12] Proses ini menyebabkan degredasi membran, pelepasan organel, dan perubahan bentuk nukleus menjadi piknotik, karioreksis,lalu kariolisis.

Pada tahap selanjutnya, proses putrefaksi mengambil alih sebagai akibat dari invasi mikroorganisme saprofitik, yang sebagian besar besar berasal dari flora normal saluran cerna seperti *Clostridium perfringens, Escheria coli, Proteus spp*, dan *Bacteroides spp.*[13] Bakteri-bakteri ini melakukan fermentasi protein yang mehasilkan senyawa berbau menyengat seperti indol, skatol, hidrogen sulfida, amonia, dan metana. Secara histopatologis, perubahan ini tampak sebagai kerusakan struktur epitel, disorganisasi jaringan, pembentukan ruang kosong antar sel (vakuolisasi), peningkatan jumlah debris selular, dan infiltrasi leukosit pada area yang sudah rusak atau nekrotik.[14]

Pembusukan juga menunjukkan perbedaan kecepatan tergantung lokasi jaringan. Organ organ yang memiliki enzim autolitik aktif tinggi seperti pankreas dan usus membusuk lebih cepat daripada jaringan otot rangka. Proses ini sangat dipengaruhi oleh variabel lingkunga, seperti suhu, kelembapan, dan adanya bahan kimi atau mikroorganisme eksternal. Dalam konteks penelitian eksperimental, pembusukan tidak hanya menjadi fenomena biologis pascamati, tetapi juga penanda temporal yang dapat dianalisis secara kuantitatif untuk mengevaluasi efektivitas pengawetan dan senyawa bioaktif yang bersifat protektif terhadap kerusakan jaringan.[15]

Tabel 2.1 Fase Pembusukan pada Jenazah Berdasarkan Perubahan Tampilan Fisik.[14,15,16]

Fase Pembusukan	Deskripsi
Segar (*fresh*)	Terjadi segera setelah kematian; belum ada perubahan visual yang signifikan, namun proses autolisis dimulai di tingkat sel dan jaringan.
Bengkak atau penggembungan (*bloat*)	Akumulasi gas hasil aktivitas Mikroorganisme menyebabkan pembengkakan pada tubuh, disertai perubahan warna kulit dan bau khas.
Pembusukan aktif (*active decay*)	Jaringan lunak mulai terurai secara signifikan; cairan tubuh keluar, dan aktivitas serangga nekrofagus meningkat.
Pembusukan lanjut (*advanced decay*)	Sebagian besar jaringan lunak telah hilang; tubuh mulai mengering, dan aktivitas serangga menurun.
Skeletonisasi	Hanya tersisa tulang dan jaringan keras lainnya; proses dekomposisi melambat secara signifikan.

Pada pembusukan fase lanjut, sebagian besar jaringan lunak telah hancur dan tersisa jaringan yang resisten seperti tendon, tulang rawan, atau jaringan kolagen padat. Di fase ini, aktivitas mikroba menurun dan proses fermentasi digantikan oleh proses dehidrasi dan mineralisasi. Sedangkan pada fase sisa kering, hanya tinggal

tulang dan material non organik yang tersisa. Analisis perubahan mikroskopis pada jaringan dalam berbagai fase ini memiliki implikasi luas dalam bidang forensik dan penelitian konservasi biologi.[16]

B. Struktur dan Histologi Usus Mencit *(Mus musculus)*

Usus mencit merupakan salah satu organ vital yang berperan dalam pencernaan dan absorpsi nutrien, serta tempat utama interaksi antara sistem imun mukosa dengan mikrobiota komensal. Usus ini terdiri atas segmen-segmen utama yakni usus halus (duodenum, jejunum, dan ileum) serta usus besar (sekum, kolon, dan rektum).[17] Struktur dinding usus mencit dibagi menjadi empat lapisan anatomis utama: mukosa, submukosa, muskularis, dan serosa. Lapisan mukosa mengandung epital kolumnar sederhana dengan sel goblet yang mensekrasi mukus, lamina propria yang kaya vaskularisasi dan sel imun seperti limfosit dan makrofag, serta muscularis mucosae.

Di antara lapisan mukosa dan submukosa terdapat kripta lieberkuhn yang mengandung sel Paneth penghasil enzim Lisozim dan defensin yang berfungsi sebagai antibakteri alami.[18] Lapisan submukosa terdiri atas jaringan ikat longgar yang menyokong pembuluh darah dan pleksus saraf submukosa (Meissner). Lapisan muskularis tersusun atas dua lapis otot polos yang tersusun melingkar dan longitudinal, dengan pleksus saraf mienterikus (Auerbach) di antaranya, berperan dalam motilitas peristaltik. Terluar adalah lapisan serosa yang dilapisi oleh mesotelium.

Miskroskopis usus mencit memperlihatkan keanekaragaman arsitektur jaringan tergantung segmen usus, di mana villi panjang dan kripta dalam lebih

menonjol di jejunum dibandingkan ileum.[19] Dalam studi post mortem, usus merupakan organ yang paling awal menunjukkan perubahan degeneratif, dikarenakan tingginya aktivitas enzimatik serta keberadaan mikrobiota yang mendukung percepatan putrefaksi. Ini menjadikan usus sebagai parameter penting dalam menilai progresivitas pembusukan jaringan biologis serta respons terhadapp agen pengawet.[20]

Studi eksperimental menunjukkan bahwa dalam waktu kurang dari 3 jam setelah kematian, sel epitel mengalami apoptosis masif, diikuti disintegrasi arsitektur kripta dan infiltrasi leukosit pada lamina propria.[21] Oleh karena itu, usus merupakan indikator yang sangat sensitif terhadap progresivitas pembusukan jaringan biologis dan dapat dijadikan parameter utama dalam menilai efektivitas agen pengawet jaringan.[22,2]

C. Pengawetan Jaringan Biologis Pasca Mortem

Pengawetan jaringan merupakan tindakan penting dalam riset biomedis dan forensik untuk menjaga integritas struktur mikroskopik jaringan pasca mortem. Penggunaan teknik pengawetan jaringan biologis telah berlangsung jauh sebelum berkembangnya ilmu kedokteran modern, dan menjadi bagian integral dari budaya, ritual, dan ilmu pengetahuan di berbagai peradaban kuno.

Salah satu teknik pengawetan tertua dikenal melalui praktik mumifikasi Mesir Kuno yang telah dipraktekkan sejak lebih dari 3.000 tahun sebelum Masehi. Dalam praktik tersebut, tubuh manusia diawetkan dengan cara mengeluarkan organ internal (terutama usus dan lambung yang membusuk lebih cepat), kemudian dibersihkan dan direndam dalam larutan natron (campuran natrium karbonat dan

natrium bikarbonat), serta di isi dengan rempah-rempah dan resin alami termasuk kayu manis, mur, dan kemenyan.[23] Tujuan utamanya bukan hanya untuk mencegah pembusukan, namun juga untuk menghormati jenazah dan mempersiapkan tubuh untuk kehidupan setelah mati.

Di Cina dan India Kuno, teknik serupa digunakan dalam pengobatan tradisional untuk menjaga spesimen hewan dan manusia demi pembelajaran anatomi. Seiring berkembangnya ilmu kedokteran pada masa Renaissance, pengawetan tubuh manusia mulai dilakukan untuk keperluan ilmiah, diawali tokoh-tokoh seperti Andreas Vesalius yang menggunakan alkohol dan merkuri sebagai bahan pengawet pada abad ke-16.[24] Pada abad ke-19, penemuan formaldehida oleh August Wilhelm von Hofman menjadi revolusi besar dalam pengawetan jaringan biologis.

Formaldehida bekerja dengan membentuk ikatan silang antarmolekul protein sehingga menghambat autolisis dan aktivitas mikroba. Namun, pendekatan ini mulai dikritik pada abad ke-20 karena efek karsinogenik dan toksisitasnya terhadap manusia. Dalam konteks hewan laboratium seperti mencit, pengawetan pasca mortem awalnya hanya bersifat temporer untuk kebutuhan anatomi, namun berkembang menjadi pendekatan riset eksperimental dalam patologi, toksikologi, serta studi degradasi jaringan, di mana metode pengawetan memainkan peran krusial dalam menjaga integritas histologis untuk interpretasi ilmiah yang akurat.[25]

Evolusi konsep pengawetan telah melintasi batas antara ritual dan sains, dari penggunaan rempah-rempah mistis menuju formulasi molekul bioaktif yang terstandar, dan kini berkembang menuju pendekatan fitopreservatif berbasis

tumbuhan sebagai alternatif yang lebih aman, alami, dan berkelanjutan. Metode klasik menggunakan larutan formalin10% (formaldehida 37-40% dalam larutan buffered) yang bekerja dengan membentuk ikatan silang (crosslinking) antara gugus amino dalam protein jaringan, yang menghambat aktivitas enzim dan pertumbuhan mikroorganisme.[26]

Namun demikian, penggunaan formalin telah diketahui menyebabkan artefak histologis seperti pengaburan nukleus, peningkatan eosinofilia sitoplasma, dan bahkan kerusakan epitel pada waktu perendaman yang terlalu lama. Selain itu, formalin memiliki potensi karsinogenik dan risiko iritasi saluran pernapasan serta kulit bagi peneliti dan tenaga laboratium.[27] Oleh karena itu, pencarian alternatif alami berbasis senyawa tumbuhan menjadi penting.

Metode pengawetan alternatif menggunakan minyak atsiri atau ekstrak tanaman dilakukan dengan prinsip inaktivasi mikroba dan penghambatan oksidasi intraselular. Senyawa fenolik, flavonoid, aldehid, dan tanin yang terkandung dalam tanaman memiliki kemampuan untuk menghambat pembentukan ROS (Reactive Oxygen Species), mengikat protein, serta menstabilkan struktur membran sel.[28] Dengan demikian, penggunaan agen pengawet alami tidak hanya mengurangi risiko toksisitas, tetapi juga mempertahankan morfologi jaringan dengan efek protektif yang lebih stabil secara biofisik dan biokimiawi.

D. Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*)

Kayu manis *(Cinnamomum burmannii)* merupakan tanaman herbal yang telah digunakan secara empiris dalam pengobatan tradisional dan kini banyak diteliti dalam ranah medis modern. Kulit batangnya mengandung minyak atsiri

yang kaya senyawa bioaktif, terutama sinamaldehid, eugenol, cinnamyl alcohol, dan kumarin.[29] Sinamaldehid, komponen utama dalam ekstrak etanol kayu manis, memiliki aktivitas antibakteri yang bekerja dengan menghambat pembentukan biofilm, merusak membran bakteri, serta menghambat sintesis protein mikroba.[30]

Di sisi lain, eugenol memberikan efek antiinflamasi melalui jalur COX-2 dan NO, sementara kumarin memiliki aktivitas antioksidan yang mampu mencegah peroksidasi lipid. Aktivitas sinergis ini memungkinkan kayu manis bertindak sebagai agen pengawet alami jaringan biologis. Studi menunjukkan bahwa aplikasi ekstrak etanol kayu manis oada jaringan biologis dapat menghambat pembusukan melalui penurunan TPC (Total Plate Count), stabilitas pH, dan pemeliharaan struktur histologis.[31]

Senyawa dalam kayu manis juga menunjukkan kompabilitas jaringan (biokompatibel), yang artinya tidak memicu reaksi toksik atau inflamasi berlebihan saat diaplikasikan pada jaringan organik, menjadikannya kandidat ideal untuk preservasi post- mortem.[32]

1. Morfologi dan klasifikasi kayu manis *(Cinnamomum burmannii)*

Kayu manis tumbuh sebagai pohon dengan tinggi mencapai 5 hingga 15 meter, memiliki batang berkayu dengan warna abu-abu tua dan aroma khas yang menyenangkan.[33] Daunnya tunggal, kaku seperti kulit, dengan panjang tangkai antara 0,5 hingga 1,5 cm, dan memiliki tiga tulang daun yang melengkung. Bentuk daun elips memanjang dengan panjang sekitar 4 hingga 14 cm dan lebar 1 hingga 6 cm.[34] Bunga kayu manis berwarna putih, tersusun dalam malai yang muncul dari ketiak daun, sedangkan buahnya berbentuk buni, berwarna hijau saat muda dan

berubah menjadi ungu tua saat matang.[35] Buah ini disukai oleh burung, yang membantu dalam penyebaran biji tanaman.

Gambar 2.1 Pohon Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*)

Gambar 2.2 Daun kayu manis (*Cinnamomum burmannii*)

Tabel 2.2 Klasifikasi Taksonomi *Cinnamomum burmannii.*[36]

Taksonomi	Keterangan
Kerajaan	Plantae
Divisi	Spermatophyta
Kelas	Dicotyledoneae
Ordo	Laurales
Famili	Lauraceae
Genus	*Cinnamomum*
Spesies	*Cinnamomum burmannii*

2. Ektrak etanol kayu manis (*Cinnamomum burmannii*)

Ekstrak etanol kayu manis *(Cinnamomum burmannii)* merupakan hasil ekstraksi kulit batang tanaman kayu manis, yang dikenal efektif dalam melarutkan senyawa- senyawa bioaktif polar maupun semipolar. Ekstrak ini berbentuk cairan

kental berwarna cokelat tua hingga merah kehitaman, dengan aroma khas yang kuat, dan sering dikeringkan menjadi bentuk serbuk dengan metode penguapan atau freeze-drying untuk memudahkan penggunaannya dalam penelitian dan formulasi produk.[37] Kandungan utama dalam ekstrak etanol kayu manis meliputi golongan senyawa fenolik seperti flavonoid, tanin, dan senyawa volatil seperti cinnamaldehyde, eugenol, dan cinnamic acid, yang kesemuanya memiliki peran penting dalam aktivitas biologisnya.[38] Flavonoid berfungsi sebagai antioksidan kuat yang dapat mencegah kerusakan oksidatif sel, sementara tanin memiliki efek astringen yang mendukung penyembuhan jaringan, dan cinnamaldehyde dikenal sebagai antimikroba alami yang sangat efektif.[39]

Cinnamaldehyde sendiri merupakan senyawa fenilpropanoid yang menyusun sekitar 65–80% minyak atsiri kayu manis, dan tetap terlarut dalam ekstrak etanol, menjadikannya komponen utama dalam uji farmakologi.[40] Secara morfologi kimia, cinnamaldehyde memiliki struktur rantai aromatik benzena yang terikat pada gugus aldehida dan rantai etilena, yang menyebabkan sifat antibakteri dan antifungalnya sangat menonjol.[41] Dalam bentuk ekstrak, senyawa ini berfungsi sebagai agen antimikroba, antioksidan, antiinflamasi, bahkan antikanker pada berbagai model percobaan hewan.

Penelitian oleh Laili dkk. (2022) menunjukkan bahwa ekstrak etanol kayu manis mampu menghambat pertumbuhan bakteri Aggregatibacter actinomycetemcomitans dan Porphyromonas gingivalis, dua patogen utama dalam periodontitis. Penelitian ini membuktikan bahwa senyawa-senyawa aktif dalam ekstrak dapat mengganggu pembentukan biofilm dan merusak dinding sel bakteri.[42]

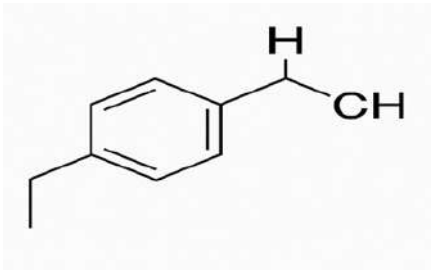
Selain itu, studi lain oleh Mustarichie et al. (2018) juga membuktikan bahwa ekstrak etanol kayu manis memiliki efek penghambatan terhadap bakteri gram positif Staphylococcus aureus serta aktivitas antioksidan yang signifikan pada uji DPPH.[43]

Kelebihan lain dari kayu manis adalah kemampuannya menghambat reaksi oksidatif dan inflamasi pada jaringan mati. Usus, yang penuh dengan pembuluh darah dan limfosit mukosa, sangat rentan terhadap stres oksidatif setelah kematian. Dalam kondisi tersebut, kandungan flavonoid dan fenol dalam ekstrak etanol kayu manis mampu memberikan efek protektif, memperlambat kerusakan struktur epitel, dan menjaga integritas morfologi mukosa.[44]

Banyak bahan alami lain memang memiliki senyawa bioaktif, tetapi tidak semua dapat memberikan efek ganda seperti ini, yaitu sebagai antibakteri sekaligus antiinflamasi. Dari sisi keamanan, ekstrak etanol kayu manis juga tergolong non-toksik dan telah diakui sebagai GRAS (Generally Recognized As Safe) oleh FDA, sehingga penggunaannya dalam percobaan laboratorium maupun pengembangan produk biologis menjadi jauh lebih aman dan terkendali. Apalagi, secara ekonomis, kayu manis sangat mudah didapat, harganya terjangkau, dan berasal dari tanaman lokal yang telah lama digunakan secara empiris dalam pengobatan tradisional.[44,9]

Dengan mempertimbangkan kekuatan ilmiah, keamanan, ketersediaan, dan multifungsi senyawa aktifnya, maka ekstrak etanol kayu manis menjadi pilihan rasional dan unggul dalam penelitian ini. Penggunaan bahan ini tidak semata-mata mengikuti tren alami, tetapi didasarkan pada kombinasi kearifan lokal dan bukti ilmiah modern, di mana keduanya saling melengkapi dalam menjawab tantangan

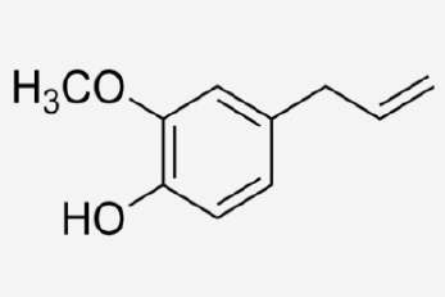
biologis seperti pembusukan usus pascamortem. Dalam konteks etika penelitian dan nilai-nilai humanisme, penggunaan bahan alami yang aman, efektif, dan tidak merusak jaringan mencerminkan kepedulian ilmuwan terhadap integritas biologis makhluk hidup, bahkan setelah kematiannya.



Gambar 2.3 Struktur *(E)-3-phenylprop-2-enal*

E. Cinnamaldehyde

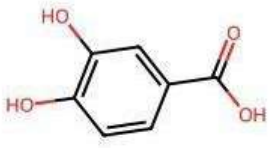
Dalam dunia fitokimia, sinamaldehida adalah permata aromatik yang menjadi ciri khas dari kulit kayu manis. Senyawa ini bukan sekadar pemberi aroma manis yang menenangkan ia adalah molekul dengan potensi farmakologis yang luar biasa. Sinamaldehida memiliki struktur molekul yang anggun: cincin benzena dengan gugus propenal yang terkonjugasi, memberinya sifat antioksidan yang tinggi dan kemampuan dalam memerangi mikroorganisme patogen.[45] Lebih dari itu, sinamaldehida telah dikaji memiliki efek menurunkan kadar gula darah, menyerupai kerja insulin, sehingga menjadikannya secercah harapan baru dalam pengembangan terapi diabetes.[46] Ia hadir bukan hanya sebagai wewangian, tapi sebagai penjaga sistem imun dan homeostasis tubuh, dengan karakter cairan kental kuning pucat yang indah namun ampuh.



Gambar 2.4 Struktur *4-allyl-2-methoxyphenol*

F. Eugenol

Bila sinamaldehida adalah nafas hangat kayu manis, maka eugenol adalah denyut lembut yang menyentuh indera dan sel tubuh. Eugenol, dengan rumus molekul $C_{10}H_{12}O_2$, adalah senyawa fenolik aromatik yang menyimpan keajaiban medis. Ia dikenal luas dalam dunia kedokteran gigi, karena sifat antiseptik dan anestetiknya yang lembut namun efektif.[47] Eugenol bekerja seperti pelindung diam-diam: membunuh bakteri, meredam peradangan, dan bahkan mengganggu pertumbuhan sel kanker tertentu. Ia ditemukan juga dalam ekstrak etanol kayu manis, menghadirkan sinergi terapeutik bersama senyawa lainnya. Aromanya lembut, tapi fungsinya keras terhadap patogen yang mengancam.[48]

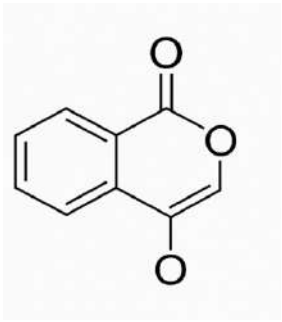


Tannin (representatif: Gallic acid)

Gambar 2.5 Struktur *3,4,5-trihydroxybenzonic*

G. Tannin

Dalam dunia tumbuhan, tanin berfungsi sebagai mekanisme pertahanan terhadap herbivora dan patogen, sementara dalam aplikasi manusia, senyawa ini dimanfaatkan di berbagai bidang seperti farmasi sebagai antimikroba dan antidiare, dalam industri kulit untuk penyamakan, serta dalam makanan dan minuman sebagai pemberi cita rasa khas seperti pada teh dan anggur.[49] Tanin juga memiliki aktivitas antioksidan dan antimikroba, sehingga potensial digunakan dalam bidang medis dan penelitian, termasuk dalam pengawetan jaringan biologis karena sifatnya yang mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan memperlambat proses degradasi protein baik dari mikroorganisme maupun dari jaringan tubuh yang membusuk.[50]

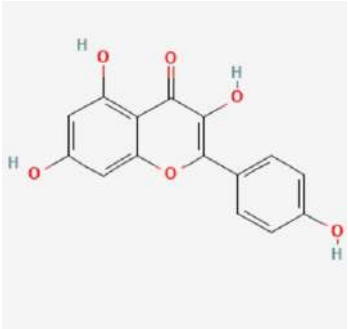


Gambar 2.6 Struktur *1-benzopyran-2-one*

H. Coumarin

Kumarin adalah senyawa dengan kepribadian ganda indah dalam aroma, namun penuh kekuatan dalam peran fisiologisnya. Ia hadir dalam kayu manis sebagai molekul aromatik yang menyerupai wangi vanila atau jerami kering. Dalam dunia farmakologi, kumarin adalah struktur dasar bagi antikoagulan kuat seperti warfarin, yang menyelamatkan jutaan nyawa dari bahaya trombosis.[51] Namun,

kumarin juga memerlukan kewaspadaan karena pada dosis tinggi ia dapat bersifat hepatotoksik.[52]



Gambar 2.7 Struktur *3,5,7-trihydroxy-2-(4-hydroxyphenyl)-4H-1-benzopyran-4-one*

I. Kaemferol

Kaempferol adalah flavonoid alami yang mampu menghambat sintesis prostaglandin dan sitokin proinflamasi.[52] Senyawa ini juga menunjukkan aktivitas antioksidan kuat serta efek protektif terhadap jaringan usus mencit selama proses degradasi post mortem.[53]

1. Penggunaan kayu manis sebagai bahan pengawet

Kayu manis telah lama digunakan secara tradisional sebagai pengawet alami, jauh sebelum diidentifikasi komponen kimiawinya secara ilmiah. Dalam pengobatan Ayurveda dan pengawetan makanan Asia Selatan, kulit kayu manis sering digunakan untuk mempertahankan kesegaran bahan pangan seperti daging, ikan, dan sayuran, karena kemampuannya mencegah pembusukan yang diinduksi mikroba.[54] Hal ini diperkuat oleh karakteristik bioaktif dari senyawa seperti sinamaldehid dan eugenol, yang kini terbukti memiliki efek antimikroba, antioksidan, dan antiinflamasi yang signifikan.

Studi modern telah menunjukkan bahwa sinamaldehid bekerja dengan menghambat enzim dehidrogenase pada bakteri, memutus membran lipid, dan menyebabkan kebocoran sitoplasma, yang pada akhirnya menurunkan viabilitas sel mikroba pembusuk seperti *Staphylococcus aureus, Salmonella typhi*, dan *Pseudomonas aeruginosa.*[55] Eugenol, sebagai senyawa fenolik, juga diketahui menghambat ekspresi faktor virulensi mikroba serta menurunkan laju pertumbuhan koloni bakteri pada jaringan biologis.

Dalam konteks pengawetan spesimen biologis, penelitian terbaru mengungkapkan bahwa aplikasi ekstrak etanol kayu manis dapat memperlambat kerusakan struktur histologis pada jaringan usus mencit dengan mengurangi proses autolisis serta menurunkan aktivitas bakteri anaerob yang memicu putrefaksi.[56] Selain itu, tidak seperti formaldehida yang cenderung menyebabkan perubahan artefaktual pada nukleus dan sitoplasma jaringan, kayu manis menunjukkan efek pelestarian struktural yang lebih stabil, dengan tingkat toksisitas yang minimal.[57] Oleh karena itu, potensi kayu manis sebagai agen pengawet jaringan pascamati menjadi topik yang semakin mendapat perhatian dalam bidang histopatologi eksperimental dan riset kedokteran forensik.

Pemanfaatan kayu manis tidak hanya merepresentasikan penggabungan antara kearifan lokal dan ilmu modern, tetapi juga mencerminkan pendekatan holistik terhadap pelestarian integritas biologis yang lebih etis, ramah lingkungan, dan aman untuk digunakan dalam penelitian jangka panjang.

J. Metode Pemeriksaan Histopatologis Usus

Pemeriksaan histopatologi merupakan langkah penting dalam memahami perubahan mikroskopis pada jaringan usus, terutama dalam konteks penelitian yang melibatkan proses pembusukan atau pengaruh intervensi terapeutik. Prosedur ini dimulai dengan fiksasi jaringan menggunakan larutan formalin 10%, ekstrak kayu manis 25%, ekstrak kayu manis 50%, aquades, untuk melihat adanya pencegahan autolisis dan integritas struktur seluler, dan yang tidak diberi perlakuan. Setelah fiksasi, kemudian dibenamkan dalam parafin untuk mempermudah pemotongan. Irisan tipis (sekitar 5 μm) kemudian dipotong menggunakan mikrotom dan ditempelkan pada kaca objek untuk tahap pewarnaan.[58]

Pewarnaan hematoksilin-eosin (HE) adalah metode standar yang digunakan untuk memberikan kontras pada struktur jaringan. Hematoksilin mewarnai inti sel menjadi biru- ungu, sementara eosin mewarnai sitoplasma dan matriks ekstraseluler menjadi merah muda, memungkinkan identifikasi morfologi sel dan jaringan dengan jelas. Metode ini telah lama digunakan dalam histopatologi karena kemampuannya dalam menyoroti berbagai komponen jaringan secara efektif.[58,59]

Dalam penelitian yang fokus pada pembusukan atau kerusakan jaringan usus, penilaian histopatologi bertujuan untuk mengidentifikasi perubahan morfologis seperti deskuamasi epitel, edema mukosa, kongesti vaskular, dan nekrosis mukosa. Penilaian ini sering dilakukan menggunakan pendekatan semi-kuantitatif dengan skala ordinal, yang memungkinkan klasifikasi tingkat keparahan perubahan histologis. Skor histopatologi diberikan berdasarkan derajat keparahan perubahan tersebut, dengan pendekatan semi- kuantitatif menggunakan skala ordinal. Analisis

dilakukan oleh histopatolog yang berpengalaman, dan dalam beberapa penelitian terkini, analisis berbasis citra digital dan histomorfometri semakin banyak digunakan untuk menilai area kerusakan secara kuantitatif.[59]

Perkembangan teknologi digital telah membawa perubahan signifikan dalam analisis histopatologi. Penggunaan citra digital dan analisis berbasis komputer memungkinkan penilaian yang lebih objektif dan reproducible. Misalnya, pendekatan deep learning telah digunakan untuk mengembangkan metode pewarnaan virtual, yang dapat mereplikasi hasil pewarnaan HE tanpa memerlukan proses kimiawi tradisional. Hal ini tidak hanya mempercepat proses analisis tetapi juga mengurangi kebutuhan akan bahan kimia dan sumber daya laboratorium.[60]

Selain itu, penelitian terbaru telah menunjukkan bahwa analisis citra digital dapat meningkatkan akurasi dalam menilai kerusakan jaringan usus. Dengan menggunakan algoritma pembelajaran mesin, sistem ini dapat mengidentifikasi dan mengklasifikasikan area kerusakan dengan presisi tinggi, bahkan dalam sampel yang kompleks. Pendekatan ini membuka peluang untuk pengembangan metode diagnostik yang lebih efisien dan akurat dalam penelitian histopatologi.[61]

BAB III

LANDASAN TEORI DAN HIPOTESIS

A. Landasan Teori

Penelitian ini bertumpu pada landasan teoritik tentang mekanisme pembusukan jaringan biologis, interaksi mikroorganisme dan sel usus pascamati, serta kemampuan senyawa bioaktif dari tanaman kayu manis dalam memperlambat proses kerusakan jaringan secara histopatologis. Pembusukan merupakan rangkaian peristiwa biologis yang kompleks dan progresif, yang dimulai segera setelah kematian.[62] Dua fase utama dari proses ini adalah autolisis dan putrefaksi. Autolisis merupakan proses autodigesti yang disebabkan oleh enzim-enzim lisosom intraseluler yang menguraikan sel secara spontan setelah kematian. Sedangkan putrefaksi melibatkan aktivitas mikroorganisme, terutama bakteri anaerob, yang mendegradasi jaringan dengan menghasilkan senyawa seperti amonia, hidrogen sulfida, dan putresin.[63]

Usus mencit *(Mus musculus)* adalah salah satu organ yang paling cepat mengalami proses pembusukan karena mengandung banyak flora normal dan enzim-enzim pencernaan aktif bahkan setelah kematian.[9] Oleh karena itu, usus mencit menjadi model hewan yang ideal untuk mengkaji efektivitas agen pengawet jaringan.

Dalam bidang histopatologi, pengamatan perubahan mikroskopis jaringan menjadi alat yang sangat penting untuk menilai efek dari agen pengawet. Degenerasi sel epitel, kerusakan struktur mukosa, hingga nekrosis menjadi

indikator utama dalam mengevaluasi kerusakan pasca mortem.[64] Biasanya, pewarnaan hematoksilin-eosin (HE) digunakan untuk memvisualisasikan perubahan tersebut secara jelas dan sistematis.[65]

Secara tradisional, larutan formalin (formaldehida 10%) digunakan sebagai bahan fiksatif jaringan biologis. Walau efektif, formalin bersifat toksik, karsinogenik, dan dapat menimbulkan dampak kesehatan jangka panjang seperti iritasi saluran napas dan risiko kanker nasofaring.[66] Oleh sebab itu, pencarian bahan pengawet alami yang aman dan ramah lingkungan menjadi semakin penting.

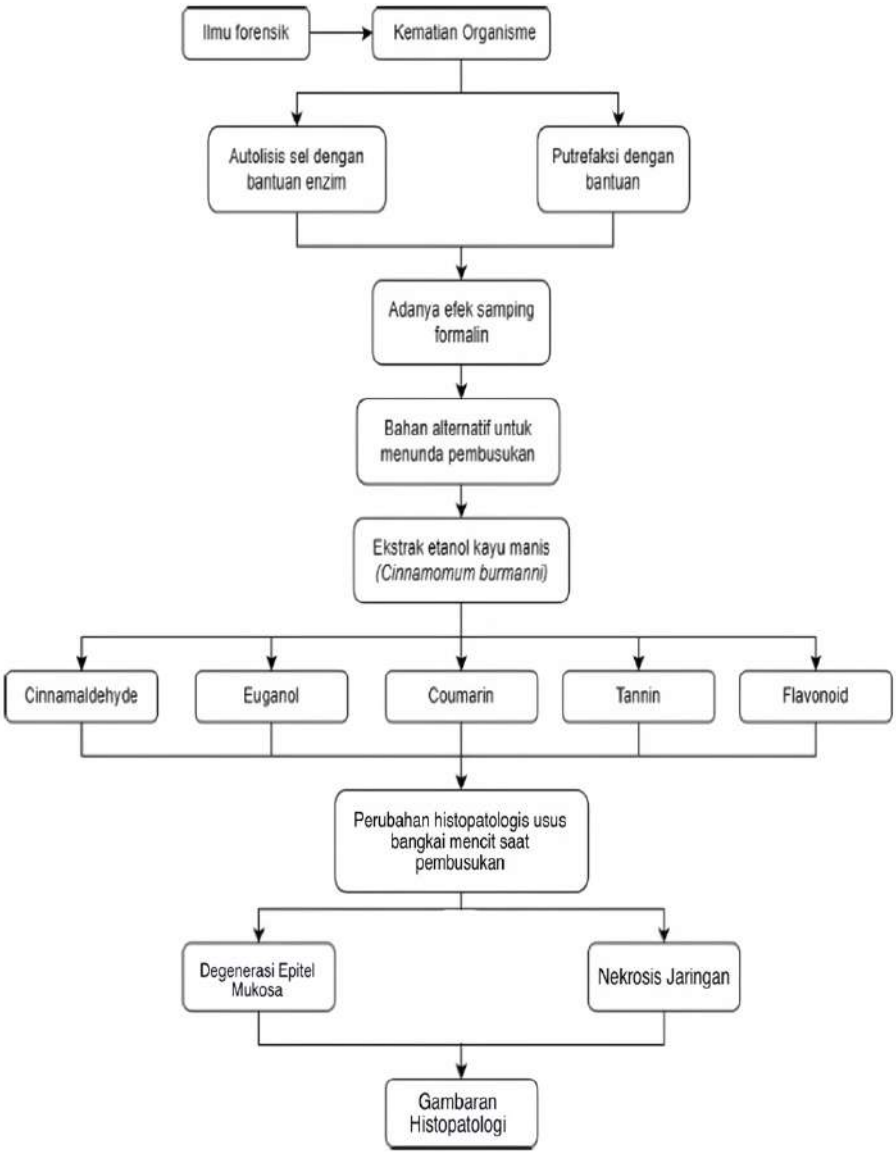
Kayu manis *(Cinnamomum burmannii)* merupakan tanaman obat yang diketahui memiliki berbagai senyawa aktif seperti sinemaldehid, eugenol, asam sinamat, dan kumarin yang terbukti bersifat antibakteri, antimikroba, dan antioksidan.[67] Senyawa- senyawa ini bekerja dengan cara merusak dinding sel bakteri, menghambat enzim metabolik mikroorganisme, serta mengganggu sintesis protein dan DNA mikroba.[67] Ekstrak etanol dari kayu manis dipilih karena pelarut etanol dapat mengekstraksi baik senyawa polar maupun non-polar secara optimal, menghasilkan konsentrat senyawa bioaktif dengan efisiensi tinggi.

Dalam studi sebelumnya, ekstrak etanol kayu manis terbukti mampu menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk seperti *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Clostridium perfringens* pada jaringan hewan laboratorium.[13] Selain itu, potensi antimikroba ini juga telah diuji pada bahan makanan, menunjukkan efektivitas sebagai pengawet alami tanpa efek toksik terhadap jaringan.[13]

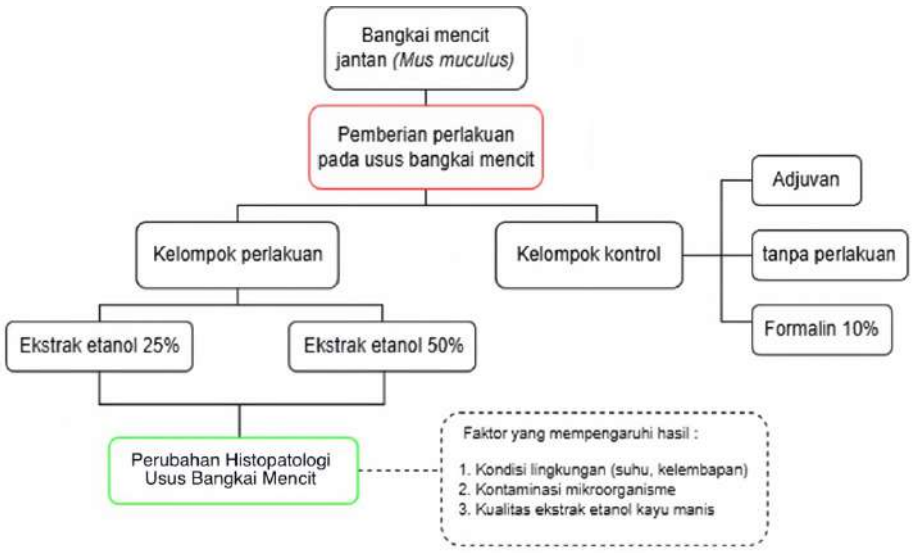
Jika ditinjau secara historis, upaya pengawetan jenazah dan jaringan telah berlangsung sejak ribuan tahun lalu. Masyarakat Mesir kuno menggunakan bahan seperti natron, resin, dan minyak tumbuhan untuk melakukan proses mumifikasi.[23] Bangsa Yunani dan Romawi kuno menggunakan cassia dan myrrh yang bersifat antimikroba. Bahkan dalam budaya Nusantara, tanaman rempah seperti kayu manis, cengkeh, dan serai digunakan untuk mencegah pembusukan makanan dan luka terbuka secara tradisional. Dengan demikian, penggunaan ekstrak kayu manis sebagai bahan pengawet biologis tidak hanya memiliki dasar ilmiah, tetapi juga mendasarkan diri pada nilai-nilai kultural yang telah diwariskan lintas generasi.

Penelitian ini memadukan pendekatan mikroanatomi, fitokimia, dan patologi jaringan, untuk mengevaluasi apakah pemberian ekstrak etanol kayu manis dapat memperlambat kerusakan mukosa usus mencit selama proses pembusukan. Dalam konteks bioetika dan keberlanjutan, bahan alami seperti kayu manis memiliki keunggulan karena lebih ramah lingkungan, dapat diperbaharui, serta tidak meninggalkan residu toksik jangka panjang pada peneliti atau lingkungan.[68]

Berdasarkan pemaparan diatas, kerangka teori dan kerangka konsep penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1 dan gambar 3.2.



Gambar 3.1 Kerangka Teori Studi Eksperimental In Vitro mengenai Efek Pengawetan Ekstrak Etanol Kayu Manis *(Cinnamomum burmannii)* terhadap Perubahan Histopatologis Usus Bangkai Mencit *(Mus musculus)* Selama Fase Pembusukan



Keterangan:

: Variabel yang diteliti

: Variabel yang tidak diteliti

Gambar 3.2 Kerangka Konsep Studi Eksperimental In Vitro mengenai Efek Pengawetan Ekstrak Etanol Kayu Manis *(Cinnamomum burmannii)* terhadap Perubahan Histopatologis Usus Bangkai Mencit *(Mus musculus)* Selama Fase Pembusukan

B. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini yaitu Pemberian ekstrak etanol kayu manis *(Cinnamomum burmannii)* berpengaruh terhadap perubahan histopatologis usus bangkai mencit *(Mus musculus)* selama proses pembusukan, yang ditandai dengan perlambatan kerusakan struktur mukosa usus dibandingkan kelompok kontrol.

BAB IV

METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan ekspremen laboratorium in vivo dengan rencangan post test only control grup desingn, yaitu subjek penelitian tidak diberikan pengukuran awal, namun hanya dilakukan pengamatan setelah diberi perlakuan. Rencana ini di pilih karna sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu menganalisis pengaruh ekstrak etanol kayu manis terhadap perubahan mikroanatomi usus bangkai mencit selama proses pembusukan. Desain ini dipilih karena memungkinkan pengevaluasian seberapa efektif ekstrak kayu manis dalam memperlambat autolisi dan puterfaksi jaringan usus dibandingkan kontrol lainnya.

B. Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah mencit jantan (*Mus Musculus*) dengan berat badan sekitar 25-30gram. Pemilihan mencit didasarkan pada ketersediaan, kemudahan penanganan, serta karena mencit merupakan model hewan yang umum untuk digunakan dalam studi ekspremental makroskopis.

Penentuan besar subjek hewan uji yang dibutuhkan setiap kelompoknya dihitung berdasarkan rumus *Federer* seperti dibawah ini:

$$(t-1)(r-1) > 15$$

Keterangan:
t = jumlah perlakuan
r = jumlah hewan uji

pada penelitian ini, terdapat 5 perlakuan, sehingga jumlah hewan uji yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah:

$$(t-1)(r-1) > 15$$

$$(5-1)(r-1) > 15$$

$$4(r-1) > 15$$

$$4r-4 > 15$$

$$4r > 19$$

$$r > 4{,}75$$

$$r > 5$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka jumlah hewan uji yang digunakan pada penelitian diatas masing – masing terdiri dari 1-5 ekor pada setiap kelompok penelitian.

Tabel 4.1 Kelompok Penelitian

Kelompok	Perlakuan
K1	Tanpa perlakuan khusus (alami/spontan)
K2	Formalin 10% (kontrol positif)
K3	Aquades (Adjuvan)
K4	Ekstrak etanol kayu manis 25%
K5	Ekstrak etanol kayu manis 50%

Pengunaan kontrol negatif dan positif diperlukan untuk memastikan bahwa efek yang diamati bener-benar berasal dari perlakuan ekstrak etanol kayu manis. Formalin digunakan sebagai pembanding karna merupakan larutan yang secara luas digunakan dalam pengawetan jaringan biologis.

C. Instrument Penelitian

1. Alat

Alat yang digunakan adalah peralatan laboratorium seperti, pipet tetes, pipet mikro digunakan untuk mengambil ekstrak kayu manis serta larutam formalin dan aquades secara presisi sesuai volume yang dibutuhkan. Spuit 1ml untuk menyuntikan larutan ke dalam lumen usus, wadah tertutup, kapas, tabung untuk menyimpan sementara larutan perlakuan. Proses sekresi mencit untuk isolasi usus menggunakan alat-alat bedah seperti pisau bedah, gunting anatomis, dan pinset. Kemudia untuk pemrosesan jaringan usus dilakukan menggunakan mikrotom dengan ketebalan 5 µm, diikuti inspeksi histologis menggunakan mikroskop cahaya dengan perbesaran 40–400×.

2. Bahan

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah 10-25 ekor mencit jantan (*Mus Musculus*), dengan berat 20-30 Gram. Penggunaan ketamin dan xylazine dengan dosis 100 mg/kg-10 mg/kg (lp) untuk pembiusan terhadap mencit, kemudian usus diberi perlakuan terdiri dari ekstrak etanol kayu manis (*Cinnamomun burmanni*) dengan dua konsentrasi, yaitu 25%, dan 50%, yang dibuat dengan merendam kayu manis yang telah dihaluskan dengan etanol 70% kemudian setelah proses maserasi selesai dipisahkan ampas nya, lalu dilakukan penguapan sampai didapatkan ekstrak kental dan semi padat. Selain ekstrak kayu manis bahan lainnya formalin 10% sebagai kelompok kontrol positif, dan aquades steril sebagai kontrol adjuvan 1 karena tidak mengandung zat aktif apapun, sedangkan kelompok

tanpa perlakuan digunakan sebagai kontrol negatif untuk melihat proses pembusukan. Kemudian pewarnaan Hematoksilin–Eosin (HE) digunakan untuk menvisualisasi kerusakan jaringan, lalu peralatan dasar seperti slide kaca dan kaca penutup melengkapi perlengkapan histologis.

D. Variable Penelitian

1. Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah, konsentrasi perlakuan pada usus mencit (Tanpa perlakuan khusus, formalin 10%, aquades, ekstrak kayu manis 25%, dan 50%).

2. Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah tingkat kerusakan histopatologis jaringan usus mencit (Mus musculus) setelah kematian, yang diamati melalui pemeriksaan mikroskopik. Kerusakan ini diukur berdasarkan dua parameter utama, yaitu: degenerasi epitel mukosa, dan nekrosis jaringan. Masing-masing parameter dinilai dengan sistem skoring 0–4, sehingga skor total berkisar antara 0 (tidak ada kerusakan) hingga 8 (kerusakan berat). Skor ini menjadi indikator utama untuk menilai apakah ekstrak etanol kayu manis dapat memperlambat pembusukan usus dibandingkan kontrol.

3. Variabel kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini mencakup faktor-faktor yang diseragamkan agar hasil penelitian tidak dipengaruhi oleh variabel luar. Kontrol

utama meliputi: jenis kelamin mencit (jantan), umur (2–3 bulan), dan berat badan (25–30 gram). Selain itu, kondisi lingkungan seperti suhu, pencahayaan, pakan, dan air juga dijaga tetap. Metode euthanasia, cara pengambilan sampel, serta prosedur fiksasi dan pewarnaan histologi dilakukan secara konsisten di seluruh kelompok.

E. Definisi Operasional

1. Ekstrak etanol kayu manis (*Cinnamomum burmanni*)

Ekstrak etanol kayu manis yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari kulit kayu manis jenis *Cinnamomum burmanni* yang telah dikeringkan dan dihaluskan, kemudian diekstraksi mengunakan pelarut etanol 70% melalui metode maserasi. Setelah itu, larutan disaring dan diuapkan menggunakan rotary evaporator hingga diproleh bentuk pekat, lalu dilarutkan kembali kedalam pelarut berupa aquades hingga mencapai konsentrasi 25%, dan 50%.

2. Formalin 10%

Formalin 10% digunakan sebagai kontrol positif, karena merupakan bahan pengawetan kimia yang telah lama digunakan untuk fiksasi jaringan. Formalin bekerja dengan cara mengikat protein dan membunuh mikroorganisme, sehingga menghambat proses autolisis dan putrefaksi jaringan pasca kematian.

3. Aquades

Aquades atau air suling steril berfungsi sebahai kontrol negatif dalam penelitian ini. Aquades tidak memiliki kandungan bahan pengawetan atau zat aktif apa pun, sehingga diharapkan tidak mampu menghambat pembusukan secara

signifikan. Kelompok ini di gunakan untuk melihat sejauh mana proses pembusukan alami terjadi pada jaringan usus tanpa intervensi penghambat biologis maupun kimiawi. Dengan adanya kelompok aquades, peneliti dapat membandingkan kecepatan dan pola dekomposisi antara perlakuan aktif (formalin dan kayu manis) dengan kondisi alami.

4. Degenerasi epitel mukosa usus

Degenerasi epitel didefinisikan sebagai perubahan patologis pada sel-sel lapisan mukosa usus yang menandakan awal dari kerusakan jaringan. Dalam penelitian ini, degenerasi epitel dievaluasi dengan melihat derajat peluruhan atau pelepasan epitel dari lapisan basal, kehilangan integritas nukleus, sitoplasma yang membengkak atau vakuolisasi, serta hilangnya batas antar sel. Tingkat degenerasi diberi skor mulai dari 0 hingga 4, di mana skor 0 menunjukkan struktur epitel yang masih utuh dan normal, skor 1 menunjukkan pelemahan batas antar sel, skor 2 menunjukkan kehilangan polaritas dan vakuolisasi ringan, skor 3 menandai pelepasan sebagian besar epitel, dan skor 4 menunjukkan kerusakan total lapisan mukosa. Degenerasi ini merupakan salah satu indikator awal dari proses autolisis yang berlangsung segera setelah kematian dan dipercepat oleh aktivitas enzimatik internal. Oleh karena itu, parameter ini menjadi penanda sensitif atas efektivitas agen pengawet dalam memperlambat kerusakan dini.

5. Nekrosis jaringan

Nekrosis jaringan merupakan suatu bentuk kematian sel yang bersifat patologis, ditandai dengan kerusakan struktur seluler akibat cedera fisik, kimiawi,

atau biologis yang berat, yang menyebabkan kehilangan integritas membran sel dan pelepasan isi sel ke jaringan sekitarnya sehingga menimbulkan reaksi inflamasi. Secara histopatologis, proses nekrosis diawali dengan pembengkakan organel intraseluler, degradasi enzimatik oleh enzim hidrolitik dari lisosom, diikuti dengan lisis sel, disintegrasi inti (kariolisis), dan akhirnya kehancuran jaringan secara menyeluruh. Nekrosis berbeda dengan apoptosis karena bersifat tidak terprogram dan menimbulkan peradangan di jaringan sekitarnya. Menurut publikasi dalam Journal of Oral and Maxillofacial Pathology tahun 2023, nekrosis adalah area terbatas dari kematian jaringan yang diikuti oleh degradasi jaringan oleh enzim hidrolitik yang dilepaskan dari sel-sel mati, yang mengakibatkan pembengkakan organel, ruptur membran plasma, lisis sel, dan kebocoran isi sel ke jaringan sekitar, yang selalu disertai dengan respon inflamasi. Mekanisme ini sangat relevan untuk diamati dalam studi histopatologis usus mencit pascakematian, karena proses autolisis dan nekrosis merupakan bagian integral dari perubahan mikroskopis selama pembusukan. Penelitian ini juga bertujuan untuk menilai apakah ekstrak etanol kayu manis dapat mempengaruhi atau memperlambat proses nekrotik pada jaringan usus bangkai mencit.

6. Skor histopatologis total

Skor total adalah jumlah dari dua parameter di atas: degenerasi epitel, dan nekrosis. Skor ini mencerminkan derajat keseluruhan kerusakan usus dan dinyatakan dalam angka kuantitatif antara 0 hingga 8. Skor yang lebih rendah mengindikasikan jaringan yang lebih terjaga, sedangkan skor yang lebih tinggi mencerminkan pembusukan yang cepat dan ekstensif. Nilai skor total ini digunakan

sebagai data utama dalam analisis statistik untuk membandingkan antar kelompok waktu dan dosis. Penurunan skor yang bermakna pada kelompok perlakuan dibandingkan kontrol menjadi indikator bahwa ekstrak etanol kayu manis memiliki efek protektif terhadap kerusakan jaringan.

7. Interval pascamortem

Interval pascamortem didefinisikan sebagai selang waktu antara saat kematian mencit (setelah euthanasia) dan saat fiksasi jaringan usus dilakukan. Dalam penelitian ini, digunakan satu interval waktu, yaitu 24 jam. Variabel ini menjadi penting karena memungkinkan untuk pengambilan sampel, sehingga hasil pewarnaan HE tetap dapat mengidentifikasi struktur histopatologis dengan jelas. Interval ini dipilih untuk menangkap dinamika perubahan progresif dan mengevaluasi apakah ekstrak kayu manis mampu menunda atau memperlambat progresi tersebut.

F. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang akan dilakukan dalam penelitian ini mencakup:

1. *Ethical clearance* dan perizinan

Mengajukan surat permohonan izin penelitian ke FKIK ULM melalui kordinator Skripsi PSKPS untuk disetujui. Surat tersebut lalu diserahkan kepada Laboratorium Anatomi FKIK ULM.

2. Penelitian

A. Persiapan dan pembagian hewan uji

Prosedur penelitian in disusun dengan sangat hati-hati untuk memastikan bahwa setiap langkah sesuai dengan kaidah ilmiah dan etika penelitian hewan coba. Penelitian ini melibatkan 10-25 ekor mencit jantan, dengan berat 25-30 Gram. Mencit dikarantina selama 7 hari untuk beradaptasi. Setelah adaptasi sudah selesai, mencit di bagi menjadi 5 kelompok perlakuan, yaitu kelompok formalin 10% sebagai kontrol positif, kelompok aquades sebagai kontrol adjuvan, dua kelompok perlakuan dengan ekstrak etanol kayu manis (masing-masing konsentrasi 25%, dan 50%), serta satu kelompok tanpa perlakuan sebagai pembanding proses pembusukan.

B. Pembuatan ekstrak etanol kayu manis dan pemberian perlakuan

Kulit kayu manis yang telah dikeringkan dan dihaluskan, kemudian diekstrasi menggunakan metode maserasi, direndam bersama etanol 70% selama 3 hari dengan perbandingan 1:5, yaitu 100 gram serbuk kayu manis dan 500ml etanol. Setelah proses penyaringan dan evaporasi, ekstrak yang diperoleh kemudian dilarutkan kembali hingga mencapai konsentrasi yang diinginkan. Semua larutan termasuk formalin dan aquades diberikan melalui metode suntik intralumen, yaitu menyuntik 0,5mL larutan ke dalam usus mencit menggunakan spuit steril dan jarum halus (27G) dan perendaman menggunakan masing-masing cairan.

C. Proses euthanasia dan disekresi

Sebelum perlakuan, semua mencit harus dimatikan secara etis menggunakan metode pembiusan dengan menyuntikan ketamin dan xylazine dosis 1ml, lalu menyuntikannya ke intraperitoneal mencit. Setelah mencit tidak menunjukkan respon, kemudian dilakukan tindakan euthanasia sekunder berupa dislokasi servikal untuk memastikan kematian yang etis dan sesuai prosedur. Setelah hewan mati, perut disekresi secara aseptik untuk mengambil bagian usus halus ±10cm. Usus yang telah dibersihkan, kemudian diletakan dalam wadah terbuka steril di suhu ruang sesuai kelompok perlakuan.

D. Pembuatan preparat histopatologi dan parameter yang diamati

Sampel jaringan usus yang telah difiksasi akan menjalani proses dehidrasi bertingkat menggunakan alkohol 70 %, 80 %, 95 %, dan 100 %, kemudian dilakukan clearing dengan xilena. Setelah itu, dilakukan embedding dalam parafin blok dan pemotongan jaringan dengan mikrotom pada ketebalan 5 μm. Irisan jaringan kemudian ditempelkan pada slide kaca dan diwarnai menggunakan pewarna Hematoksilin–Eosin (HE) untuk memungkinkan visualisasi struktur mikroskopis. Preparat kemudian dianalisis di bawah mikroskop cahaya dengan pembesaran 100× dan 400×.

Parameter yang diamati meliputi:

1) Degenerasi Epitel Mukosa:

Skor 0 = Epitel utuh tanpa perubahan

Skor 1 = Vakuolisasi ringan, batas sel kabur

Skor 2 = Kehilangan polaritas dan pelepasan sebagian epitel

Skor 3 = Pelepasan menyeluruh lapisan epitel

Skor 4 = Deskuamasi total dan kerusakan menyeluruh mukosa

2) Nekrosis Jaringan:

Skor 0 = Tidak ditemukan nekrosis Skor 1 = Nekrosis mikrofokal

Skor 2 = Nekrosis pada 30–50% mukosa

Skor 3 = Nekrosis >50% mukosa dan submukosa

Skor 4 = Nekrosis menyeluruh seluruh penampang usus

Masing-masing parameter diberi skor, lalu skor total (0–8) dihitung untuk menentukan tingkat keparahan kerusakan histologis secara keseluruhan.

G. Teknik Pengumpulan Data dan Pengolahan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap preparat histologis jaringan usus mencit *(Mus musculus)* yang telah mengalami proses pembusukan pascamortem, dengan atau tanpa perlakuan ekstrak etanol kayu manis. Data diperoleh dari hasil evaluasi mikroskopis preparat jaringan yang telah diwarnai menggunakan metode pewarnaan *Hematoksilin-Eosin (HE)*. Pengamatan dilakukan pada pembesaran 100x dan 400x menggunakan mikroskop cahaya oleh dua orang observer yang ahli dalam bidang histopatologi. Setiap preparat diamati berdasarkan dua parameter utama kerusakan histopatologis, yaitu degenerasi epitel mukosa, dan nekrosis jaringan. Masing-masing parameter diberi skor dari 0 (tidak ada kerusakan) hingga 4 (kerusakan sangat berat), sehingga skor total yang dapat dicapai berkisar antara 0 hingga 8.

Proses pengumpulan data dilakukan secara sistematis dengan cara mencatat skor kerusakan untuk masing-masing mencit pada setiap interval waktu yang telah ditentukan. Data skor kemudian dicatat dalam lembar kerja (worksheet) khusus dan dimasukkan ke dalam perangkat lunak spreadsheet (Microsoft Excel) untuk keperluan dokumentasi awal. Setelah seluruh data dikumpulkan dan direkap, dilakukan proses pengolahan data, yang dimulai dari perhitungan rerata (mean) dan simpangan baku (standard deviation/SD) untuk masing-masing kelompok perlakuan dan setiap titik waktu pengamatan. Pengolahan ini bertujuan untuk melihat distribusi skor dan kecenderungan umum kerusakan histologis. Data selanjutnya dianalisis secara statistik menggunakan perangkat lunak SPSS versi 26 atau R versi 4.3.2, diawali dengan uji normalitas *(Shapiro–Wilk)* untuk menentukan distribusi data, dan uji homogenitas varians *(Levene's test)* untuk mengetahui apakah varians antar kelompok setara. Apabila data berdistribusi normal dan homogen, maka dilakukan *Two-Way ANOVA* untuk menguji pengaruh dua faktor, yaitu dosis ekstrak dan

waktu pascamortem, terhadap nilai skor histopatologis. Jika ditemukan perbedaan bermakna ($p < 0,05$), maka dilanjutkan dengan uji *post hoc Tukey* HSD untuk mengetahui pasangan kelompok mana yang berbeda signifikan.

$$\text{Rerata } (\bar{x}) = (\Sigma x) / n$$
$$SD = \sqrt{[\Sigma(x - \bar{x})^2 / (n - 1)]}$$

Sebaliknya, jika data tidak memenuhi asumsi normalitas atau homogenitas, maka akan digunakan analisis non-parametrik berupa uji *Kruskal–Wal*lis dan dilanjutkan dengan uji *Mann–Whitney U* antar dua kelompok dengan koreksi

Bonferroni untuk menekan kesalahan tipe I. Seluruh proses pengolahan data juga akan didukung dengan visualisasi dalam bentuk grafik batang (bar chart) atau grafik garis (line chart), lengkap dengan error bar untuk menunjukkan variasi nilai. Dengan cara ini, data tidak hanya dianalisis secara statistik, tetapi juga disajikan secara visual untuk memudahkan interpretasi ilmiah

H. Cara Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi apakah terdapat pengaruh signifikan dari pemberian ekstrak etanol kayu manis *(Cinnamomum burmannii)* terhadap derajat kerusakan histopatologis usus mencit *(Mus musculus)* yang telah mengalami proses pembusukan pascamortem. Data yang dianalisis berupa skor numerik yang mewakili tingkat kerusakan histopatologis, yang merupakan penjumlahan dari dua parameter yaitu degenerasi epitel mukosa, dan nekrosis jaringan, dengan rentang skor total 0–8. Setiap hewan uji menghasilkan satu skor untuk setiap interval waktu yang telah ditetapkan, yang kemudian dimasukkan ke dalam perangkat lunak statistik untuk pengolahan.

Langkah awal dalam analisis data adalah melakukan uji normalitas distribusi data menggunakan *Shapiro–Wilk test*, karena jumlah sampel per kelompok <50. Uji ini bertujuan untuk menentukan apakah data memiliki distribusi normal, yang merupakan salah satu syarat dalam penggunaan uji parametrik. Jika data terdistribusi normal, analisis dilanjutkan dengan uji homogenitas varians menggunakan *Levene's Test* untuk memastikan bahwa variansi antar kelompok tidak berbeda secara signifikan. Apabila kedua syarat tersebut terpenuhi, maka data akan dianalisis menggunakan *Two-way ANOVA (Analysis of Variance)*. Uji ini

dipilih karena melibatkan dua faktor independen, yaitu dosis ekstrak dan interval waktu pascamortem, dengan satu variabel dependen, yaitu skor kerusakan jaringan.

Two-way ANOVA akan menunjukkan apakah ada pengaruh yang signifikan dari masing-masing faktor secara individu (main effect) maupun dari interaksi antar faktor (interaction effect). Jika uji *ANOVA* menunjukkan hasil yang signifikan ($p < 0,05$), maka akan dilanjutkan dengan uji *post-hoc Tukey HSD* (Honestly Significant Difference) untuk mengetahui kelompok mana yang berbeda secara bermakna. Uji *Tukey HSD* dipilih karena mampu melakukan perbandingan ganda antar kelompok dengan kontrol terhadap kemungkinan kesalahan tipe I.

Namun, apabila data tidak memenuhi syarat normalitas atau homogenitas, maka analisis dilakukan menggunakan metode non-parametrik, yaitu uji *Kruskal–Wallis* untuk analisis antar kelompok dosis atau waktu secara terpisah, dan uji *Mann–Whitney U* sebagai uji lanjutan antar dua kelompok tertentu dengan penyesuaian Bonferroni correction untuk menghindari kesalahan akibat pengulangan uji. Selain uji-uji inferensial tersebut, data juga akan dianalisis secara deskriptif, dengan menyajikan rerata skor ± standar deviasi (SD) untuk masing-masing kelompok, dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk menggambarkan tren kerusakan jaringan dari waktu ke waktu dan antar kelompok perlakuan.

Untuk pengolahan data, digunakan perangkat lunak SPSS versi 26 dan/atau R versi 4.3.2. Visualisasi data dalam bentuk grafik garis atau bar chart akan membantu memperjelas perbedaan skor antar kelompok dan interval. Grafik akan dilengkapi dengan bar kesalahan (error bar) untuk menunjukkan variasi data.

Interpretasi akhir ditarik berdasarkan signifikansi statistik, nilai rerata, dan relevansi biologis. Hasil yang menunjukkan bahwa kelompok perlakuan memiliki skor kerusakan histopatologis lebih rendah secara signifikan dibanding kelompok kontrol akan diinterpretasikan sebagai bukti bahwa ekstrak etanol kayu manis memiliki potensi sebagai agen penghambat pembusukan jaringan usus mencit secara histologis bermakna.

I. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Anatomi FKIK ULM Banjarmasin dan pembuatan preparat di Balai Veteriner Banjarbaru pada bulan November sampai Januari 2026

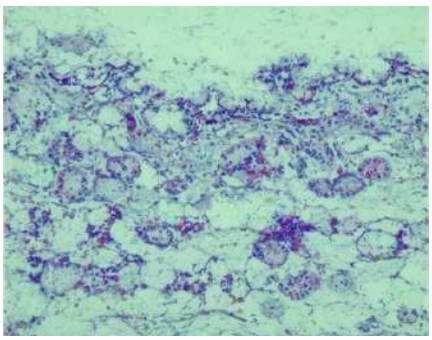
BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Histopatologis Usus Mencit pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian

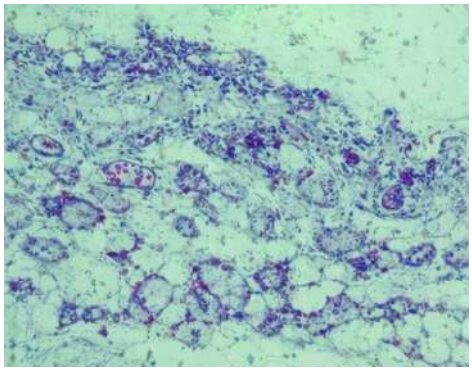
1. Kelompok tanpa perlakuan

Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval waktu 24 jam setelah kematian mencit-1 pada kelompok tanpa perlakukan (Gambar 5.1) didapatkan gambaran mukosa menunjukkan area luas pucat keabu-abuan dengan tekstur granular yang berantakan disertai banyak debris seluler, hilangnya inti (kariolisis), dan lenyapnya arsitektur vili serta kripta, konsisten dengan nekrosis mukosa derajat berat. Epitel mukosa hampir seluruhnya terlepas, vili usus tampak kolaps dan tumpul, lumen terisi massa campuran material eosinofilik–basofilik, dan lesi mulai meluas hingga submukosa, menggambarkan proses autolisis dan putrefaksi yang telah lanjut pada bangkai tanpa agen pengawet.



Gambar 5.1 Histopatologis Usus Mencit-1 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Tanpa Perlakuan Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval

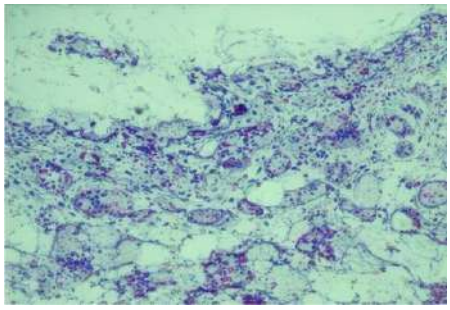
24 jam setelah kematian pada kelompok tanpa perlakuan mencit-2 (Gambar 5.2) menunjukkan area luas mukosa berwarna pucat keabu-abuan dengan tekstur granular yang berantakan, disertai banyak debris seluler dan hilangnya arsitektur vili serta kripta, konsisten dengan nekrosis mukosa derajat berat, epitel mukosa hampir seluruhnya terlepas, vili tampak kolaps dan tumpul, lumen terisi massa campuran material eosinofilik–basofilik, serta lesi meluas hingga submukosa yang menggambarkan proses autolisis dan putrefaksi lanjut pada bangkai tanpa agen pengawet.



Gambar 5.2 Histopatologis Usus Mencit-2 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Tanpa Perlakuan

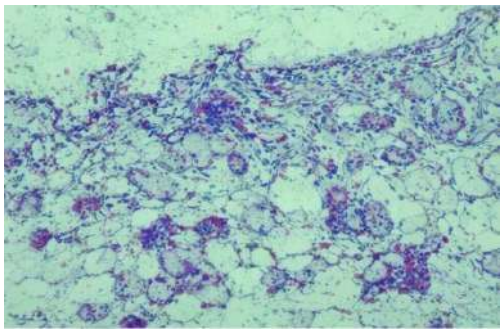
Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval 24 jam setelah kematian pada kelompok tanpa perlakuan mencit-3 (Gambar 5.3) menunjukkan area luas mukosa yang tidak lagi mempertahankan arsitektur vili dan kripta, berubah menjadi massa jaringan granular tidak teratur yang didominasi debris seluler, konsisten dengan nekrosis mukosa derajat sangat berat; epitel mukosa telah mengalami deskuamasi total sehingga permukaan lumen tidak tampak jelas, struktur mukosa dan submukosa menyatu menjadi lesi nekrotik difus, menggambarkan proses autolisis dan putrefaksi yang sangat lanjut pada bangkai

tanpa agen pengawet.



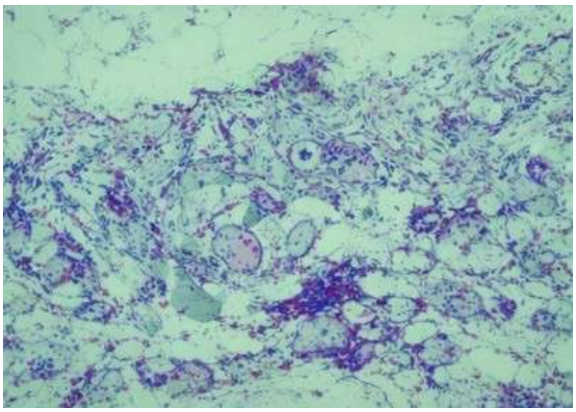
Gambar 5.3 Histopatologis Usus Mencit-3 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Tanpa Perlakuan

Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval 24 jam setelah kematian pada kelompok tanpa perlakuan mencit-4 (Gambar 5.4) menunjukkan area luas mukosa dengan vili yang tampak memendek, tumpul, dan tersusun tidak teratur, disertai pelepasan epitel yang meluas sehingga kontinuitas lapisan mukosa terganggu, di bawah mukosa terlihat massa padat debris seluler eosinofilik–basofilik yang membuat arsitektur kripta dan lamina propria sulit dibedakan serta menunjukkan perluasan lesi hingga submukosa, menggambarkan degenerasi epitel derajat berat disertai nekrosis mukosa yang luas.



Gambar 5.4 Histopatologis Usus Mencit-4 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Tanpa Perlakuan

Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval 24 jam setelah kematian pada kelompok tanpa perlakuan mencit-5 (Gambar 5.5) menunjukkan area luas mukosa yang telah kehilangan arsitektur vili dan kripta, berubah menjadi massa jaringan granular tidak teratur yang didominasi oleh sel-sel membengkak dan debris eosinofilik–basofilik. Epitel mukosa tidak lagi tampak sebagai lapisan kontinu sehingga permukaan lumen tidak jelas, sementara batas antara mukosa, lamina propria, dan submukosa menghilang dan menyatu menjadi lesi nekrotik difus, menggambarkan degenerasi epitel maksimal disertai nekrosis menyeluruh penampang usus pada bangkai tanpa agen pengawet.

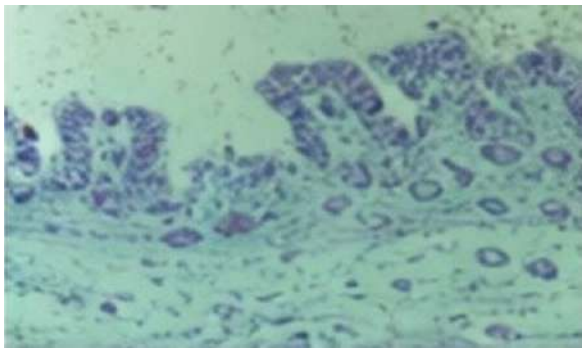


Gambar 5.5 Histopatologis Usus Mencit-5 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Tanpa Perlakuan

2. Kelompok formalin 10%

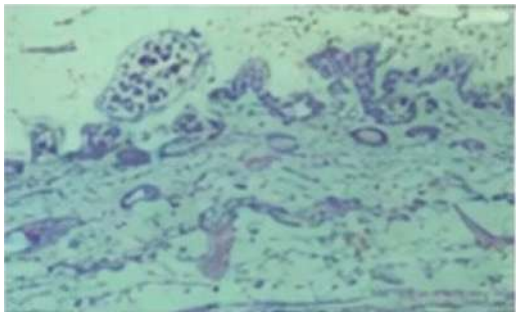
Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval waktu 24 jam setelah kematian pada kelompok yang diberikan formalin 10% (Gambar 5.6) didapatkan mukosa usus masih mempertahankan arsitektur yang utuh, dengan vili dan kripta tampak tinggi, ramping, dan tersusun homogen di seluruh lapangan pandang, serta epitel kolumnar sederhana dan sel goblet yang

tetap kontinu tanpa deskuamasi. Polaritas sel epitel terjaga baik, lamina propria dan submukosa tersusun teratur tanpa vakuolisasi atau area nekrosis, dan lumen relatif bersih dari debris seluler, menunjukkan preservasi jaringan yang optimal sesuai mekanisme fiksasi formalin.



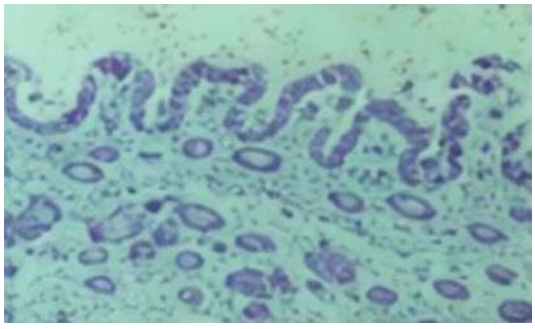
Gambar 5.6 Histopatologis Usus Mencit-1 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Formalin 10%

Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval 24 jam setelah kematian pada kelompok formalin 10% mencit-2 (Gambar 5.7) menunjukkan vili yang masih tampak tinggi, ramping, dan tersusun teratur, dengan lapisan epitel kolumnar yang melekat kontinu serta polaritas inti sel yang tetap terjaga, kripta dan lamina propria masih dapat dikenali jelas tanpa tanda deskuamasi luas atau disorganisasi arsitektur. Di bawah mukosa terlihat jaringan submukosa dan muskularis yang tetap mempertahankan susunan normal tanpa area lisis atau hilangnya batas lapisan, sehingga secara keseluruhan menggambarkan degenerasi epitel yang tidak bermakna dan ketiadaan nekrosis histologis signifikan.



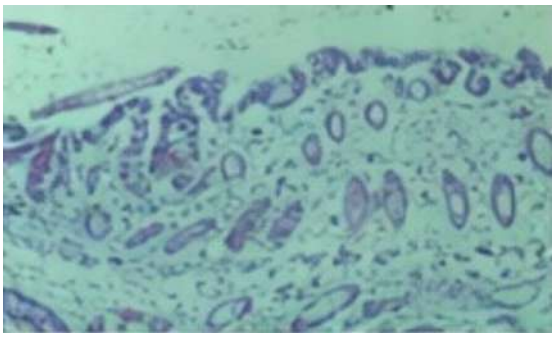
Gambar 5.7 Histopatologis Usus Mencit-2 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Formalin 10%

Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval 24 jam setelah kematian pada kelompok formalin 10% mencit-3 (Gambar 5.8) menunjukkan vili yang tinggi, ramping, dan tersusun teratur dengan batas antar vili yang jelas, lapisan epitel kolumnar tampak melekat kontinu di sepanjang permukaan dan polaritas inti sel tetap terjaga, tanpa terlihat deskuamasi luas atau kehilangan arsitektur mukosa. Lamina propria dan kripta di bawahnya masih dapat dikenali dengan baik, sedangkan submukosa dan lapisan muskularis mempertahankan susunan normal tanpa area lisis ataupun hilangnya batas lapisan, sehingga secara keseluruhan menggambarkan tidak adanya degenerasi epitel maupun nekrosis histologis bermakna.



Gambar 5.8 Histopatologis Usus Mencit-3 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Formalin 10%

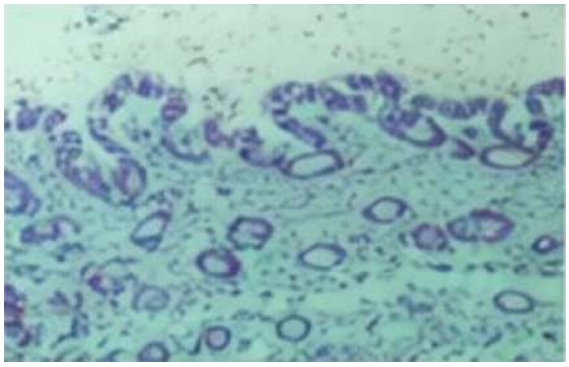
Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval 24 jam setelah kematian pada kelompok formalin 10% mencit-4 (Gambar 5.9) menunjukkan vili yang tinggi, ramping, dan tersusun teratur, dengan lapisan epitel kolumnar yang masih melekat kontinu di sepanjang permukaan serta polaritas inti sel yang terjaga, tidak tampak deskuamasi epitel luas maupun distorsi arsitektur mukosa. Lamina propria dan kripta usus di bawahnya masih jelas, sedangkan submukosa dan lapisan muskularis mempertahankan susunan normal tanpa area lisis atau hilangnya batas lapisan, sehingga secara keseluruhan tidak ditemukan degenerasi epitel maupun nekrosis jaringan yang bermakna.



Gambar 5.9 Histopatologis Usus Mencit-4 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Formalin 10%

Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval 24 jam setelah kematian pada kelompok formalin 10% mencit-5 (Gambar 5.10) menunjukkan vili yang tinggi, ramping, dan tersusun teratur, dengan epitel kolumnar yang melekat kontinu di sepanjang permukaan serta polaritas inti sel yang tetap terjaga, tidak tampak deskuamasi epitel luas maupun distorsi arsitektur mukosa. Lamina propria dan kripta usus di bawahnya masih jelas, sedangkan submukosa dan lapisan muskularis mempertahankan susunan normal tanpa area

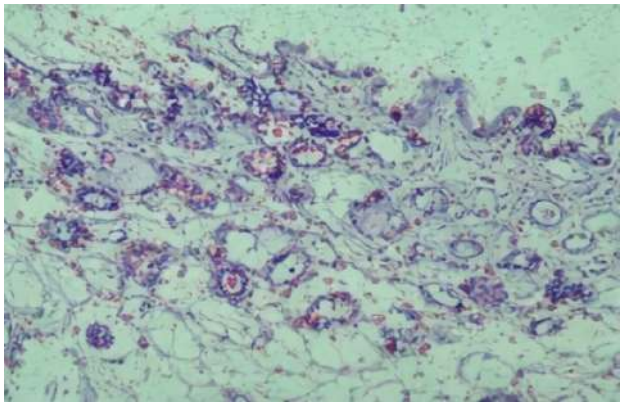
lisis atau kehilangan batas lapisan, sehingga tidak ditemukan degenerasi epitel maupun nekrosis jaringan yang bermakna.



Gambar 5.10 Histopatologis Usus Mencit-5 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Formalin 10%\

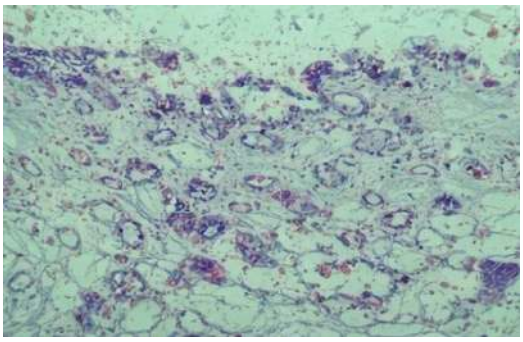
3. Kelompok aquades

Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval waktu 24 jam setelah kematian pada kelompok yang diberikan aquades (Gambar 5.11) didapatkan sebagian besar lapang pandang terisi massa jaringan ungu gelap yang amorf, berupa kumpulan inti yang padat dan tumpang tindih tanpa batas struktur vili, kripta, maupun lapisan mukosa yang jelas, menandakan disintegrasi menyeluruh. Permukaan lumen tidak lagi tampak sebagai rongga yang teratur, melainkan agregat debris seluler dan sisa jaringan yang terlysis, mencerminkan kerusakan jaringan ekstrem akibat imbibisi air tanpa efek fiksasi sehingga mempercepat autolisis.



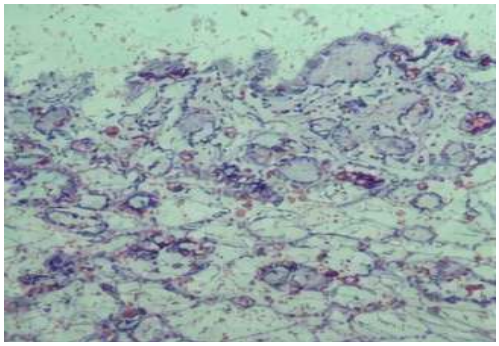
Gambar 5.11 Histopatologis Usus Mencit-1 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Aquades

Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval 24 jam setelah kematian pada kelompok aquades mencit-2 (Gambar 5.12) menunjukkan area luas mukosa dengan vili yang tampak memendek, tumpul, dan tidak teratur, disertai pelepasan epitel yang meluas sehingga kontinuitas lapisan mukosa terganggu, di bawah mukosa tampak massa padat debris seluler eosinofilik–basofilik yang mengisi lamina propria dan sebagian submukosa, membuat arsitektur kripta sulit dibedakan dan menggambarkan degenerasi epitel derajat berat disertai nekrosis mukosa luas yang mulai meluas ke lapisan lebih dalam.



Gambar 5.12 Histopatologis Usus Mencit-2 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Aquades

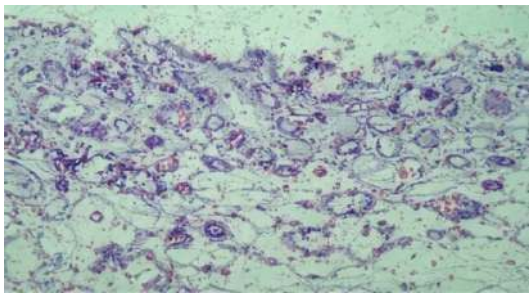
Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval 24 jam setelah kematian pada kelompok aquades mencit-3 (Gambar 5.13) menunjukkan mukosa yang sudah tidak lagi mempertahankan struktur vili dan kripta, berubah menjadi massa jaringan granular tidak teratur yang didominasi sel-sel membengkak dan debris eosinofilik–basofilik, lapisan epitel kolumnar tidak lagi tampak sebagai lapisan kontinu sehingga permukaan lumen tidak jelas, dan batas antara mukosa, lamina propria, serta submukosa menghilang dan menyatu menjadi lesi nekrotik difus, menggambarkan degenerasi epitel maksimal disertai nekrosis menyeluruh penampang usus pada bangkai yang hanya mendapat perlakuan aquades.



Gambar 5.13 Histopatologis Usus Mencit-3 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Aquades

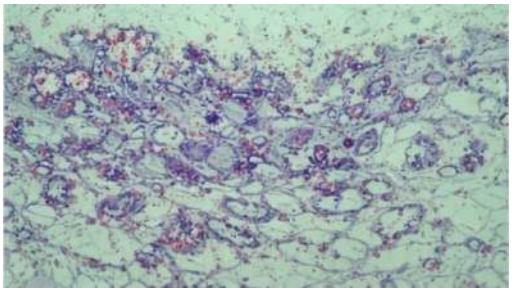
Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval 24 jam setelah kematian pada kelompok aquades mencit-4 (Gambar 5.14) menunjukkan mukosa yang telah kehilangan struktur vili dan kripta, berubah menjadi massa jaringan granular tidak teratur yang didominasi oleh sel-sel membengkak dan debris eosinofilik– basofilik, lapisan epitel kolumnar tidak lagi tampak sebagai lapisan kontinu sehingga permukaan lumen tidak jelas, dan batas

antara mukosa, lamina propria, serta submukosa menghilang serta menyatu menjadi lesi nekrotik difus, menggambarkan degenerasi epitel maksimal disertai nekrosis menyeluruh penampang usus pada bangkai yang hanya mendapat perlakuan aquades.



Gambar 5.14 Histopatologis Usus Mencit-4 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Aquades

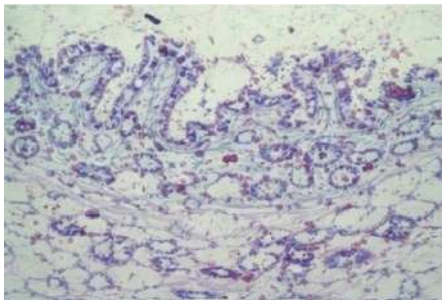
Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval 24 jam setelah kematian pada kelompok aquades mencit-5 (Gambar 5.15) menunjukkan mukosa yang sudah tidak mempertahankan arsitektur vili dan kripta, berubah menjadi massa jaringan granular tidak teratur yang didominasi sel-sel membengkak dan debris eosinofilik–basofilik, lapisan epitel kolumnar tidak lagi tampak sebagai lapisan kontinu sehingga permukaan lumen tidak jelas, dan batas antara mukosa, lamina propria, serta submukosa menghilang serta menyatu menjadi lesi nekrotik difus, menggambarkan degenerasi epitel maksimal disertai nekrosis menyeluruh penampang usus pada bangkai yang hanya mendapat perlakuan aquades.



Gambar 5.15 Histopatologis Usus Mencit-5 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Aquades

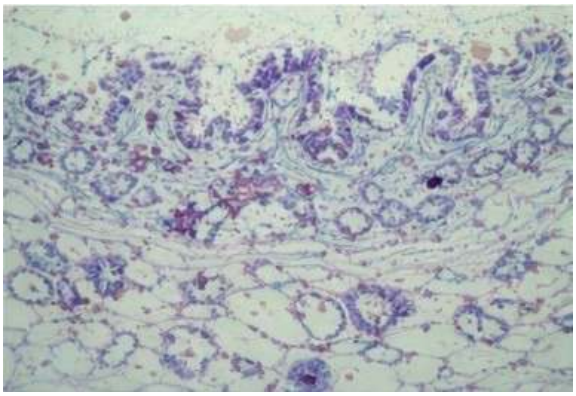
4. Kelompok ekstrak kayu manis 25%

Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval waktu 24 jam setelah kematian pada kelompok yang diberikan ekstrak kayu manis 25% (Gambar 5.16) didapatkan kripta usus masih dapat dikenali dengan jelas dan relatif teratur, epitel mukosa masih melekat dengan polaritas sel yang cukup terjaga (inti dominan di bagian basal), serta vili tidak mengalami kolaps total, menunjukkan integritas struktur yang masih dipertahankan. Meskipun tampak debris seluler dan sel inflamasi pada permukaan lumen yang mencerminkan deskuamasi epitel ringan–sedang, tidak ditemukan nekrosis mukosa derajat 50% maupun kariolisis masif atau perluasan ke submukosa, sehingga kerusakan jaringan tergolong ringan–sedang dan konsisten dengan efek protektif parsial ekstrak.



Gambar 5.16 Histopatologis Usus Mencit-1 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Ekstrak Kayu Manis 25%

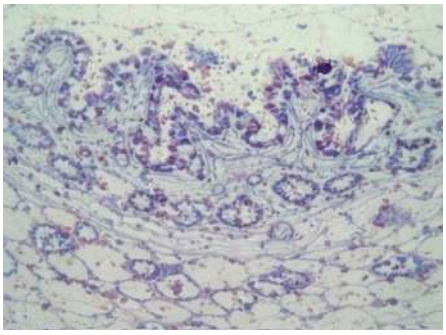
Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval 24 jam setelah kematian pada kelompok ekstrak etanol kayu manis 25% mencit-2 (Gambar 5.17) menunjukkan vili yang masih tampak cukup tinggi dan teratur, dengan epitel kolumnar yang sebagian besar masih melekat kontinu serta polaritas inti sel yang relatif terjaga, meskipun tampak deskuamasi ringan pada permukaan dan sedikit penebalan vili, di bawah mukosa terlihat lamina propria dan kripta yang masih dapat dikenali jelas dengan akumulasi sel dan debris eosinofilik–basofilik yang tidak terlalu padat sehingga batas antara mukosa dan submukosa tetap terlihat, menggambarkan degenerasi epitel derajat ringan–sedang dengan nekrosis mikrofokal yang tidak meluas ke submucosa.



Gambar 5.17 Histopatologis Usus Mencit-2 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Ekstrak Kayu Manis 25%

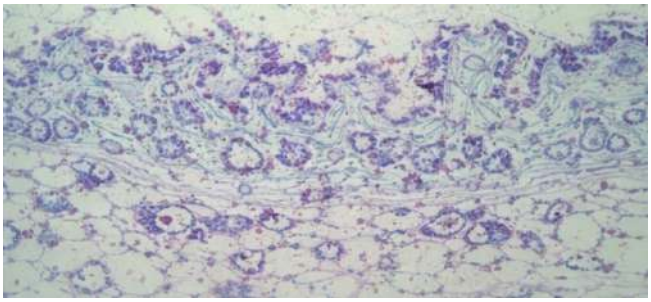
Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval 24 jam setelah kematian pada kelompok ekstrak etanol kayu manis 25% mencit-3 (Gambar 5.18) menunjukkan vili yang masih tampak tinggi dan tersusun relatif teratur, dengan epitel kolumnar yang mayoritas tetap melekat kontinu serta polaritas inti sel yang umumnya terjaga, meskipun terlihat deskuamasi ringan pada

permukaan dan sedikit penebalan vili, di bawah mukosa, lamina propria dan kripta masih dapat dikenali dengan jelas, disertai akumulasi sel dan debris eosinofilik–basofilik intensitas ringan–sedang tanpa mengaburkan batas mukosa dan submukosa, menggambarkan degenerasi epitel derajat ringan–sedang dengan nekrosis mikrofokal yang tidak meluas ke lapisan lebih dalam.



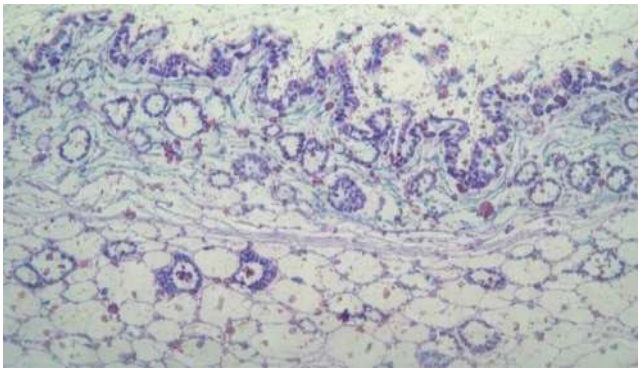
Gambar 5.18 Histopatologis Usus Mencit-3 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Ekstrak Kayu Manis 25%

Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval 24 jam setelah kematian pada kelompok ekstrak etanol kayu manis 25% mencit-4 (Gambar 5.19) menunjukkan vili yang masih tampak tinggi dan tersusun relatif teratur, dengan epitel kolumnar yang sebagian besar tetap melekat kontinu dan polaritas inti sel yang umumnya terjaga, meskipun terdapat deskuamasi ringan di permukaan. Di bawah mukosa, lamina propria dan kripta masih dapat dikenali jelas, disertai akumulasi sel dan debris eosinofilik– basofilik intensitas ringan tanpa mengaburkan batas antara mukosa dan submukosa, sehingga gambaran ini sesuai dengan degenerasi epitel derajat ringan–sedang disertai nekrosis mikrofokal yang tidak meluas ke lapisan lebih dalam.



Gambar 5.19 Histopatologis Usus Mencit-4 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Ekstrak Kayu Manis 25%

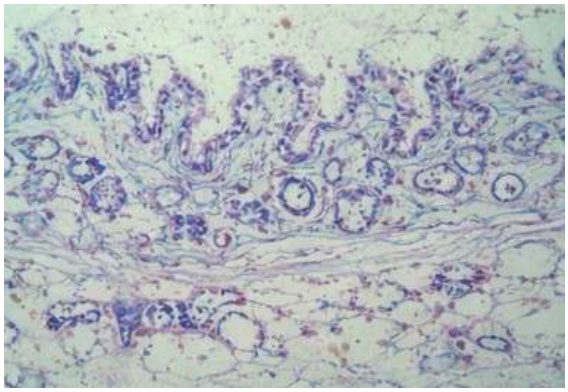
Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval 24 jam setelah kematian pada kelompok ekstrak etanol kayu manis 25% mencit-5 (Gambar 5.20) menunjukkan vili yang tinggi dan tersusun teratur dengan epitel kolumnar yang masih melekat kontinu serta polaritas inti sel yang baik, hanya tampak deskuamasi ringan pada sebagian kecil permukaan tanpa mengganggu arsitektur mukosa secara menyeluruh. Lamina propria dan kripta masih dapat dikenali jelas dengan akumulasi sel dan debris eosinofilik–basofilik yang ringan dan tidak mengaburkan batas antara mukosa dan submukosa, sehingga gambaran ini sesuai dengan degenerasi epitel derajat ringan dengan nekrosis mikrofokal yang terbatas pada mukosa.



Gambar 5.20 Histopatologis Usus Mencit-4 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Ekstrak Kayu Manis 25%

5. Kelompok ekstrak kayu manis 50%

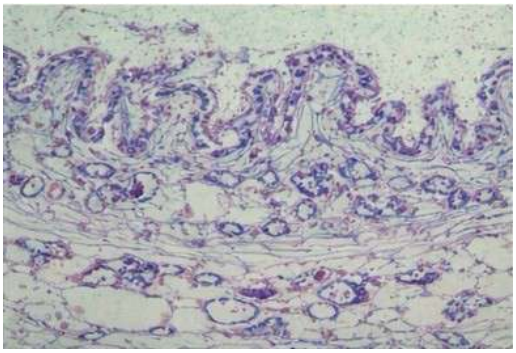
Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval waktu 24 jam setelah kematian pada kelompok yang diberikan ekstrak kayu manis 50% (Gambar 5.21) didapatkan arsitektur mukosa memperlihatkan kripta dan vili yang masih jelas, teratur, dan tidak kolaps, dengan epitel yang tetap melekat rapi dan polaritas inti sel yang masih tampak, menandakan preservasi struktur yang mendekati normal. Tidak dijumpai nekrosis 50% mukosa, kariolisis masif, disintegrasi jaringan, maupun perluasan lesi ke submukosa, sehingga gambaran ini menunjukkan derajat kerusakan minimal dan mendukung peran ekstrak kayu manis konsentrasi lebih tinggi sebagai agen pengawet yang efektif dalam memperlambat perubahan histopatologis usus bangkai mencit.



Gambar 5.21 Histopatologis Usus Mencit-1 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Ekstrak Kayu Manis 50%

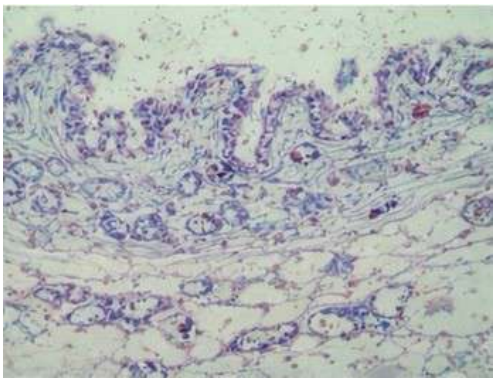
Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval 24 jam setelah kematian pada kelompok ekstrak etanol kayu manis 50% mencit-2 (Gambar 5.22) menunjukkan vili yang tinggi, ramping, dan tersusun teratur, dengan epitel kolumnar yang melekat kontinu di sepanjang permukaan serta

polaritas inti sel yang baik, tidak tampak deskuamasi epitel luas maupun distorsi arsitektur mukosa. Lamina propria dan kripta tetap dapat dikenali jelas, sementara submukosa dan lapisan muskularis mempertahankan susunan normal tanpa area lisis atau hilangnya batas lapisan, sehingga tidak ditemukan degenerasi epitel maupun nekrosis jaringan yang bermakna.



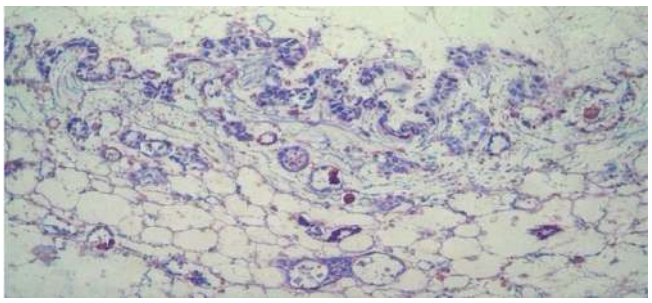
Gambar 5.22 Histopatologis Usus Mencit-2 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Ekstrak Kayu Manis 50%

Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval 24 jam setelah kematian pada kelompok ekstrak etanol kayu manis 50% mencit-3 (Gambar 5.23) menunjukkan vili yang tinggi, ramping, dan tersusun teratur, dengan epitel kolumnar yang melekat kontinu di sepanjang permukaan serta polaritas inti sel yang tetap baik, tidak tampak deskuamasi epitel yang bermakna maupun distorsi arsitektur mukosa. Lamina propria dan kripta tampak jelas, sementara submukosa dan lapisan muskularis mempertahankan susunan normal tanpa area lisis atau hilangnya batas lapisan, sehingga tidak ditemukan degenerasi epitel maupun nekrosis jaringan yang signifikan.



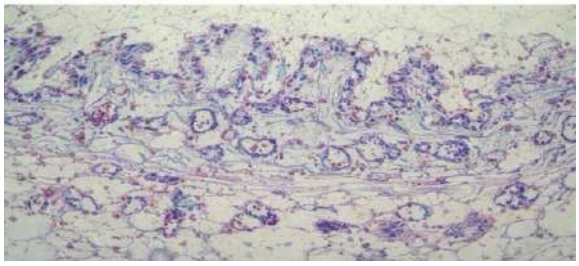
Gambar 5.23 Histopatologis Usus Mencit-3 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Ekstrak Kayu Manis 50%

Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval 24 jam setelah kematian pada kelompok ekstrak etanol kayu manis 50% mencit-4 (Gambar 5.24) menunjukkan vili yang tinggi, ramping, dan tersusun teratur, dengan epitel kolumnar yang melekat kontinu di sepanjang permukaan serta polaritas inti sel yang baik, tidak tampak deskuamasi epitel bermakna maupun distorsi arsitektur mukosa. Lamina propria dan kripta tetap dapat dikenali jelas, sedangkan submukosa dan lapisan muskularis mempertahankan susunan normal tanpa area lisis atau hilangnya batas lapisan, sehingga tidak ditemukan degenerasi epitel maupun nekrosis jaringan yang signifikan.



Gambar 5.24 Histopatologis Usus Mencit-4 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Ekstrak Kayu Manis 50%

Hasil pengamatan terhadap perubahan histopatologis usus mencit pada interval 24 jam setelah kematian pada kelompok ekstrak etanol kayu manis 50% mencit-5 (Gambar 5.25) menunjukkan vili yang tinggi, ramping, dan tersusun teratur dengan epitel kolumnar yang melekat kontinu serta polaritas inti sel yang baik, tidak tampak deskuamasi epitel luas maupun distorsi arsitektur mukosa. Lamina propria dan kripta tetap jelas, sedangkan submukosa dan lapisan muskularis mempertahankan susunan normal tanpa area lisis atau hilangnya batas lapisan, sehingga tidak ditemukan degenerasi epitel ataupun nekrosis jaringan yang bermakna.



Gambar 5.25 Histopatologis Usus Mencit-5 pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian pada Kelompok Ekstrak Kayu Manis 50%

6. Perbandingan perubahan histopatologis usus mencit yang diberikan ekstrak etanol kayu manis dengan yang tidak

Tabel 5.1 Rerata skor perubahan histopatologis usus mencit 24 jam pascakematian

Kelompok perlakuan	n	Mean skor	SD	Min-Maks
Tanpa perlakuan	5	7,2	0,84	6–8
Formalin 10%	5	0,0	0,00	0–0
Aquades	5	7,6	0,89	6–8
Ekstrak kayu manis 25%	5	2,8	0,45	2–3
Ekstrak kayu manis 50%	5	0,2	0,45	0–1

Tabel 5.2 Ranks Kruskal–Wallis skor perubahan histopatologis

Kelompok perlakuan	n	Mean rank
Tanpa perlakuan	5	19,7
Formalin 10%	5	5,0
Aquades	5	21,3
Ekstrak kayu manis 25%	5	13,0
Ekstrak kayu manis 50%	5	6,0

Tabel 5.3 Hasil Uji Kruskal–Wallis skor perubahan histopatologis

Statistik	Nilai
Kruskal–Wallis H	22,37
df	4
p	0,000

Tabel 5.4 Hasil uji Mann–Whitney antar pasangan kelompok

Pasangan kelompok	U	Z	p-value
	0	−2,71	0,007
Formalin 10% vs Ekstrak 25%	0	−2,89	0,004
Aquades vs Ekstrak 25%	0	−2,79	0,005
Ekstrak 25% vs Ekstrak 50%	0	−2,79	0,005
Tanpa perlakuan vs Ekstrak 50%	0	−2,71	0,007
Formalin 10% vs Ekstrak 50%	10	−1,00	0,317
Aquades vs Ekstrak 50%	0	−2,79	0,005

B. Gambaran Histopatologis Usus Mencit pada Interval Waktu 24 jam Setelah Kematian

Gambaran histopatologis usus mencit pada interval waktu 24 jam setelah kematian pada penelitian ini menampilkan spektrum kerusakan mukosa yang sangat kontras antar kelompok, mulai dari nekrosis mukosa sangat berat dengan hilangnya arsitektur vili dan kripta pada bangkai tanpa perlakuan hingga mukosa yang hampir utuh pada kelompok formalin 10% dan ekstrak etanol kayu manis 50%. Pada kelompok tanpa perlakuan dan aquades, mukosa berubah menjadi massa jaringan

granular tidak teratur yang dipenuhi debris seluler eosinofilik–basofilik, epitel mukosa terlepas total, vili kolaps dan tumpul, serta batas antara mukosa, lamina propria, dan submukosa menghilang sehingga tampak sebagai lesi nekrotik difus yang menggambarkan autolisis dan putrefaksi yang sangat lanjut dalam 24 jam. Pada kelompok ekstrak etanol kayu manis 25% dan 50%, vili usus masih tampak tinggi dan relatif teratur, epitel kolumnar masih melekat kontinu dengan polaritas inti yang terjaga, kripta dan lamina propria masih dapat dikenali dengan jelas, dan kerusakan jaringan hanya berupa deskuamasi ringan–sedang dan nekrosis mikrofokal terbatas pada mukosa tanpa perluasan ke submukosa. Pada kelompok formalin 10%, mukosa usus menunjukkan arsitektur yang hampir normal dengan vili ramping dan homogen, lapisan epitel yang kontinu, sel goblet yang terpelihara, serta ketiadaan vakuolisasi dan nekrosis sehingga memperlihatkan preservasi struktur yang optimal pada 24 jam postmortem. Temuan ini menunjukkan bahwa 24 jam setelah kematian, usus mencit yang tidak diawetkan atau hanya terpapar aquades telah memasuki fase autolisis berat, sedangkan pemberian formalin atau ekstrak etanol kayu manis, terutama konsentrasi 50%, mampu memperlambat kerusakan histologis dan mempertahankan integritas mukosa usus lebih lama.

Gambaran kerusakan berat yang tampak pada kelompok tanpa perlakuan dan aquades pada 24 jam postmortem sejalan dengan konsep bahwa autolisis dan putrefaksi dimulai segera setelah kematian dan berjalan progresif, terutama pada organ yang kaya enzim pencernaan dan mikrobiota seperti usus halus. Studi tentang tanatomikrobioma usus mencit menunjukkan bahwa dalam 24 jam pertama dekomposisi, terjadi perubahan komunitas bakteri yang terstruktur di usus halus

dan kolon, dengan pergeseran komposisi dibanding saat hidup dan penurunan keragaman bakteri setelah 12 jam yang menandai fase autolisis dan putrefaksi yang semakin jelas. Dinamika ini menjelaskan mengapa pada 24 jam tanpa pengawet, jaringan mukosa usus pada penelitian ini sudah tidak lagi mempertahankan arsitektur vili dan kripta, melainkan tampak sebagai massa jaringan amorf yang dikuasai oleh debris seluler dan aktivitas mikroorganisme yang berkembang pesat tanpa kontrol imun. Pola tersebut juga konsisten dengan laporan bahwa setelah kematian, enzim intraseluler yang dilepaskan menyebabkan lisis membran dan disintegrasi jaringan, sementara bakteri komensal memanfaatkan nutrien dari sel yang mati untuk mempercepat proses putrefaksi. Derajat kerusakan ekstrem pada kelompok tanpa agen pengawet dan aquades menggambarkan kombinasi kuat antara autolisis enzimatik dan kolonisasi mikroba yang tidak terhambat, sehingga usus menjadi salah satu organ pertama yang menunjukkan keruntuhan struktur total dalam 24 jam.[69]

Gambaran mukosa usus yang masih terpelihara pada kelompok formalin 10% pada 24 jam postmortem sangat selaras dengan sifat formalin sebagai fiksatif yang memutus ikatan protein dan menginaktivasi enzim, sehingga menghentikan proses autolisis dan memperlambat putrefaksi. Penelitian tentang postmortem interval pada mencit menegaskan bahwa tingkat autolisis berbagai jaringan sangat dipengaruhi oleh suhu dan kondisi penyimpanan, di mana jaringan yang segera difiksasi atau disimpan dalam kondisi yang menghambat aktivitas enzimatik dan bakteri akan mempertahankan morfologi histologis lebih lama. Skor autolisis gastrointestinal dalam studi tersebut menunjukkan bahwa kerusakan mukosa usus

dinilai dari derajat deskuamasi dan hilangnya arsitektur villous–glandular, serupa dengan kriteria yang digunakan secara deskriptif pada penelitian ini ketika menilai hilangnya vili, deskuamasi epitel, dan difusnya nekrosis mukosa. Kecocokan antara konsep fiksasi dan temuan bahwa vili tetap tinggi, epitel kolumnar kontinu, serta tidak dijumpai nekrosis signifikan pada kelompok formalin 10% mendukung bahwa formalin mampu mempertahankan integritas ultrastruktur usus mencit sampai setidaknya 24 jam setelah kematian. Kelompok formalin dipandang sebagai pembanding "*gold standard*" preservasi histologis, yang menegaskan bahwa setiap penyimpangan dari pola ini pada kelompok lain mencerminkan keberhasilan atau kegagalan agen pengawet alternatif dalam memperlambat autolisis.[70]

Gambaran histologis pada kelompok aquades yang menunjukkan lapang pandang terisi massa jaringan ungu gelap yang amorf, hilangnya vili dan kripta, dan permukaan lumen yang berubah menjadi agregat debris seluler sejalan dengan konsep bahwa imbibisi air tanpa fiksasi justru mempercepat autolisis. Air yang meresap ke jaringan menyebabkan pembengkakan sel dan organel, mengganggu integritas membran, dan mempermudah pelepasan enzim lisosom yang kemudian mempercepat penghancuran struktur mukosa. Pola kerusakan mukosa yang pada 18–24 jam hampir tidak dapat lagi diidentifikasi, seperti hilangnya kelenjar intestinal dan rusaknya membran basalis yang dilaporkan pada ileum babi dalam studi histologis usus halus 24 jam postmortem, memberikan bukti bahwa keruntuhan total kelenjar dan mukosa dalam rentang waktu ini merupakan fenomena yang konsisten lintas spesies. Deskripsi dalam studi tersebut mengenai lisis kelenjar intestinal dan ketiadaan struktur yang dapat diidentifikasi pada 18–24

jam sangat paralel dengan temuan mukosa usus mencit yang menyatu menjadi lesi nekrotik difus pada kelompok aquades dalam penelitian ini. Pemberian aquades tidak memberikan efek protektif, melainkan hanya menciptakan lingkungan yang mendukung imbibisi dan disintegrasi jaringan, sehingga gambaran histologisnya sangat mendekati kelompok tanpa perlakuan dan tidak layak dijadikan metode pengawetan jaringan pascamati.[69-71]

Gambaran histopatologis usus pada kelompok ekstrak etanol kayu manis 25% dan 50% pada 24 jam setelah kematian yang menunjukkan vili masih relatif tinggi dan teratur, epitel kolumnar melekat kontinu dengan polaritas inti yang cukup terjaga, kripta dan lamina propria jelas, serta kerusakan terbatas pada deskuamasi ringan–sedang dan nekrosis mikrofokal terbatas pada mukosa, mengindikasikan adanya efek protektif nyata terhadap integritas barier usus. Studi eksperimental pada model *irritable bowel syndrome* (IBS) pada tikus memperlihatkan bahwa ekstrak kayu manis mampu memperbaiki fungsi barier epitel usus, menurunkan sintesis serotonin enterik yang berlebihan, dan mengurangi disfungsi motilitas, yang secara keseluruhan berkaitan dengan stabilitas mukosa dan pengurangan stres pada epitel usus. Aktivitas bioaktif kayu manis yang mengandung senyawa seperti katekin, proantosianidin, asam sinamat, dan alkohol sinamil terbukti dapat menekan ekspresi enzim Tryptophan Hydroxylase 1 dan mengontrol metabolisme 5-HT, sehingga mengurangi kondisi inflamasi dan hiperaktivitas mukosa yang biasanya mempercepat kerusakan epitel. Walaupun konteks penelitian tersebut adalah model IBS dan bukan bangkai pascamati, kemampuan ekstrak kayu manis dalam memperkuat fungsi barier dan menstabilkan epitel menjelaskan secara biologis

mengapa pada penelitian ini, kelompok ekstrak etanol kayu manis tetap menunjukkan kripta dan vili yang terstruktur, epitel yang melekat, serta batas mukosa–submukosa yang jelas pada 24 jam postmortem dibandingkan dengan kelompok tanpa pengawet. Konsentrasi ekstrak kayu manis 25% memberikan efek protektif parsial dan konsentrasi 50% mendekati efek preservatif formalin terhadap mukosa usus, sehingga ekstrak ini berpotensi dikembangkan sebagai agen pengawet alami yang lebih aman untuk mempertahankan struktur histologis usus bangkai mencit selama fase awal pembusukan.[72]

- **Perbandingan perubahan histopatoogis usus mencit yang diberikan ekstrak etanol kayu manis dengan yang tidak**

Penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian ekstrak etanol kayu manis 25% dan 50% mampu mempertahankan struktur mukosa usus bangkai mencit secara nyata dibandingkan kelompok tanpa pengawet dan kelompok aquades, yang sudah mengalami nekrosis mukosa luas, hilangnya arsitektur vili–kripta, dan lesi nekrotik difus hingga submukosa dalam 24 jam setelah kematian. Temuan ini tampak jelas pada gambaran histopatologis, dimana kelompok kontrol tanpa perlakuan dan kelompok aquades didominasi massa jaringan granular tidak teratur, vili yang kolaps atau menghilang, epitel yang terdeskuamasi total, serta batas antara mukosa, lamina propria, dan submukosa yang menghilang, sedangkan kelompok ekstrak kayu manis 25% masih mempertahankan vili cukup tinggi, kripta yang dapat dikenali, epitel kolumnar yang sebagian besar tetap melekat, dan kerusakan yang hanya berupa degenerasi epitel derajat ringan–sedang dengan nekrosis mikrofokal terbatas pada mukosa. Kelompok ekstrak kayu manis 50% bahkan menampilkan

arsitektur mukosa yang mendekati normal, dengan vili dan kripta yang jelas, epitel tetap melekat rapi, polaritas inti terjaga, serta tidak dijumpai nekrosis 50% mukosa maupun perluasan lesi ke submukosa, sehingga derajat kerusakan dapat dikategorikan minimal.

Penelitian ini menempatkan kayu manis sebagai agen yang tidak sekadar memperlambat pembusukan, tetapi benar-benar menjaga integritas fisik mukosa usus dalam fase awal dekomposisi, dan pola ini selaras dengan bukti eksperimental bahwa ekstrak kayu manis mampu memperbaiki penghalang epitel usus dan menekan kerusakan inflamasi. Park dan kolega melaporkan bahwa ekstrak air panas Cinnamomum cassia meningkatkan fungsi barrier tight junction pada sel Caco-2 dan pada model kolitis mencit, melalui peningkatan ekspresi ZO-1, occludin, dan claudin serta perbaikan indeks histologis kolon yang mengalami peradangan. Hasil tersebut menggambarkan kemampuan komponen aktif kayu manis untuk mempertahankan kontinuitas epitel dan kekuatan sambungan antar sel, yang sejalan dengan temuan bahwa epitel usus pada kelompok ekstrak kayu manis dalam penelitian ini tetap melekat kontinu, vili tidak kolaps, dan batas mukosa–submukosa masih jelas, berbeda dengan gambaran disintegrasi total pada kelompok tanpa pengawet dan aquades.[73]

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa kerusakan mukosa yang lebih ringan pada kelompok ekstrak kayu manis berpotensi memperlambat penetrasi dan ekspansi mikroorganisme pembusuk dari lumen usus ke lapisan yang lebih dalam, dibandingkan kelompok tanpa pengawet yang mengalami autolisis dan putrefaksi lanjut. Telaah sistematik oleh Tozzo dan kolega menegaskan bahwa dinamika

mikrobioma pascakematian sangat dipengaruhi integritas jaringan dan bahwa usus merupakan sumber utama bakteri yang kemudian menyebar ke organ viseral selama dekomposisi. Wang dkk. menunjukkan bahwa setelah kematian berbagai bakteri mulai menyebar ke organ yang semula steril, dan laju kolonisasi ini sangat dipengaruhi oleh kondisi jaringan dan lingkungan, termasuk suhu dan perubahan struktur penghalang alami. Kedua sumber ini menguatkan interpretasi bahwa mukosa usus yang masih terjaga pada kelompok ekstrak kayu manis dalam penelitian ini berperan sebagai penghambat awal terhadap invasi bakteri dan percepatan putrefaksi, sehingga pola histopatologisnya menjadi lebih terawat dibandingkan kelompok tanpa pengawet.[74-75]

Penelitian ini akhirnya dapat diposisikan sebagai jembatan antara data molekuler tentang efek antiinflamasi dan pelindung barrier dari ekstrak kayu manis dengan bukti morfologis langsung pada jaringan usus bangkai, karena gambaran vili yang tetap tinggi dan teratur, epitel yang tidak terkelupas luas, serta ketiadaan nekrosis difus pada kelompok ekstrak sepenuhnya konsisten dengan peran kayu manis dalam mengurangi pelepasan sitokin proinflamasi dan menjaga *tight junction* yang dilaporkan pada model kolitis dan IBS. Park dkk. mendeskripsikan bahwa ekstrak kayu manis menurunkan ekspresi TNF-α, IL-1β, dan IL-6 serta memperbaiki kerusakan histologis kolon pada model DSS, sementara studi lain menunjukkan perbaikan fungsi usus dan penurunan gangguan motilitas serta inflamasi setelah pemberian ekstrak kayu manis. Dengan mengintegrasikan temuan-temuan tersebut, dapat ditarik suatu kesimpulab bahwa ekstrak etanol kayu manis 25% dan terutama 50% memberikan efek protektif nyata terhadap struktur

histologis usus bangkai mencit dalam 24 jam pertama pembusukan, melalui kombinasi sifat antimikroba, antiinflamasi, dan penopang integritas barrier epitel, sehingga perubahan histopatologisnya jauh lebih ringan dan terlokalisir dibandingkan bangkai yang tidak mendapatkan perlakuan pengawetan.[73-75]

BAB VI

PENUTUP

A. Kesimpulan

Pemberian ekstrak etanol kayu manis konsentrasi 25% dan 50% berpengaruh nyata terhadap perubahan histopatologis usus bangkai mencit 24 jam pascakematian, yang ditunjukkan oleh perbedaan bermakna skor kerusakan mukosa dibandingkan kelompok tanpa perlakuan dan aquades berdasarkan uji Kruskal–Wallis dan uji Mann–Whitney. Kelompok tanpa perlakuan dan kelompok aquades mengalami kerusakan mukosa sangat berat berupa hilangnya arsitektur vili–kripta, deskuamasi epitel total, dan lesi nekrotik difus hingga submukosa, yang menggambarkan autolisis dan putrefaksi lanjut dalam 24 jam. Kelompok ekstrak kayu manis 25% masih mempertahankan vili yang cukup tinggi, kripta yang jelas, epitel kolumnar yang sebagian besar tetap melekat, dengan kerusakan terbatas pada degenerasi epitel derajat ringan–sedang dan nekrosis mikrofokal yang hanya mengenai mukosa. Kelompok ekstrak kayu manis 50% menunjukkan arsitektur mukosa yang mendekati normal, dengan vili dan kripta yang teratur, epitel melekat kontinu, polaritas inti terjaga, serta skor kerusakan histopatologis yang sangat rendah dan tidak berbeda bermakna dengan kelompok formalin 10% sebagai kontrol positif.

C. Saran

Penelitian selanjutnya disarankan menambah variasi interval waktu pascamortem untuk menggambarkan dinamika proteksi ekstrak kayu manis terhadap mukosa usus secara lebih komprehensif sepanjang fase pembusukan. Perlu dilakukan penelitian lanjutan yang mengevaluasi dosis dan bentuk sediaan lain serta pengujian pada organ lain selain usus untuk menilai konsistensi efek pengawetan ekstrak kayu manis. Disarankan penelitian berikutnya menambahkan analisis mikrobiologis dan atau imunohistokimia untuk menguatkan mekanisme kerja ekstrak kayu manis sebagai agen pengawet alami jaringan postmorte

DAFTAR PUSTAKA

1. Aflanie I, Nirmalasari N, Arizal MH. Ilmu Kedokteran Forensik dan Medikolegal. 1st ed. Denpasar: Rajawali Pers; 2020. p. 2–9.
2. Oehmichen M, Meissner C, König HG. Postmortem persistence of intestinal mucosal architecture: an approach to estimate the time since death. Elsevier Ireland Ltd. 2017;275:1–6. doi:10.1016/j.forsciint.2017.03.026.
3. Mun'im A. Penggunaan Tanaman Obat dalam Pengawetan Biologis. Jurnal Fitofarmaka Indonesia. 2019.
4. Dewi A. Senyawa Aktif Kayu Manis dan Potensinya Sebagai Antibakteri. Jurnal Farmasi Galenika. 2022.
5. Sanjaya AN, Manullang HF. Efektivitas ekstrak etanol kayu manis terhadap mencit diinduksi oleum ricini. BEST J. 2021.
6. Nursofia Y. Uji Toksisitas akut ekstrak etanol daun kayu manis terhadap mencit. UNJA; 2021.
7. Alizadeh Behbahani B, Falah F, Lavi Arab F, Vasiee M, Tabatabaee Yazdi F. Chemical composition and antioxidant, antimicrobial, and antiproliferative activities of Cinnamomum zeylanicum bark essential oil. Hindawi Publishing Corporation. 2020;2020:5190603. doi:10.1155/2020/5190603.
8. Morris EP, Patel S, Korsten L. Cinnamaldehyde disrupts bacterial cell membrane integrity and inhibits protein synthesis in Gram-negative pathogens. Elsevier. 2020;91:103556. doi:10.1016/j.fm.2020.103556.
9. Klimek K, Tyśkiewicz K, Miazga-Karska M, et al. Evaluation of combined antibacterial effects of eugenol, cinnamaldehyde against E. coli. MDIP. 2021;26(8):2366. doi:10.3390/molecules26082366.
10. Al-Aameli MH, Al-Qizwini YM, Mohammed JA. Storage stability and antibacterial activity of eugenol nanoliposomes prepared by ethanol injection. Journal Liposome Research. 2019;29(2):80–8. doi:10.1080/08982104.2018.1475297
11. Suryadi T. Degradasi dna pada jenazah yang sudah sangat membusuk. J Ked NMed. 2018;1:1–6.
12. Mowat AM, Agace WW. Regional specialization within the intestinal immune system. Nature Publishing Group. 2014;14(10):667–85.
13. Helander HF, Fändriks L. Surface area of the digestive tract – revisited. Scandinavian Journal Of Gastroenterology. 2014;49(6):681–9.

14. Ross MH, Pawlina W. Histology: A Text and Atlas. 8th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2020.

15. Bevins CL, Salzman NH. Paneth cells, antimicrobial peptides and maintenance of intestinal homeostasis. Nature Publishing Group. 2011;9:356–68.

16. Mestecky J. Mucosal Immunology. 4th ed. Elsevier: Academic Press; 2019.

17. Macpherson AJ, Smith K. Mesenteric lymph nodes at the center of immune anatomy. Journal University Press. 2006;203(3):497–500.

18. Furness JB. The enteric nervous system. Blackwell Publishing; 2006.

19. Kiela PR, Ghishan FK. Physiology of intestinal absorption and secretion. Elsevier. 2016;30(2):145–59.

20. Madea B. Estimation of the time since death. 3rd ed. CRC Press; 2016.

21. Zhang L. Apoptosis and inflammatory cell infiltration in intestine during early postmortem interval in rats. Elsevier Ireland Ltd. 2012;223(1–3):233.e1–233.e6.

22. Oehmichen M. Postmortem changes and time since death. Forensic Sci Int. 2004;144(2– 3):209–17.

23. Taylor D, Farag S, Fahmy S. Ancient Egyptian embalming recipes and their antimicrobial implications: The case of cinnamon. J Archaeol Sci. 2019;103:124–32. doi:10.1016/j.jas.2018.10.012.

24. Buckley SA, Clark KA, Evershed RP. Organic chemistry of embalming agents in Pharaonic and Graeco-Roman mummies. Nature. 2001;413(6856):837–41.

25. Smith J, Lee A. Anatomical preservation in Renaissance Europe: alcohol and mercury usage. Hist Sci Med. 2020;55(3):200–10.

26. Greene RF, Hwang H. Formaldehyde cross-linking mechanisms: modern perspectives. Histochem Cell Biol. 2021;155(2):135–54. doi:10.1007/s00418-020-01892-x

27. Patel K, Sharma J. Histopathological artifacts due to formalin fixation: a systematic review. J Histotechnol Pathol. 2022;45(3):210–9.

28. Santos N, Andrade S. Plant phenolics and flavonoids: mechanisms of preservation in tissue. Planta Med. 2020;86(3–4):143–55. doi:10.1055/a-1068-3839

29. Li X, Ng KY, Ong YK. Chemical profile of Cinnamomum verum bark essential oil. J Essent Oil Res. 2021;33(2):95–105.

doi:10.1080/10412905.2021.1876162

30. Wang Y, Yu Y, Cai Y. Antibacterial mechanism of cinnamaldehyde against foodborne pathogens. Food Control. 2020;108:106874. doi: 10.1016/j.foodcont.2019.106874

31. Chen L, Li J, Huang Z. Effects of cinnamon ethanol extract on tissue preservation: microbial load and histology study. Int J Food Sci Technol. 2019;54(5):1671–9. doi:10.1111/ijfs.14148

32. Kim HJ, Park JS. Biocompatibility assessment of cinnamon bark extract in mice. Toxicol Appl Pharmacol. 2022;429:115742. doi:10.1016/j.taap.2022.115742

33. Setiadi A, Syukur C. Morphological Characteristics of Cinnamon (Cinnamomum burmannii) Population in Agam Regency, West Sumatra. BIO Web Conf. 2024;123:01032. doi:10.1051/bioconf/20241230103237.

34. Syhuherbarium. Cinnamomum burmannii species factsheet. Chinese University Herbarium. 2020.

35. Barnea A, Yom-Tov Y, Friedman J. Effects of passage through birds on viability and germinability of seeds of Cinnamomum burmannii. Pacific Sci. 2017;71(1):75–82.

36. Lizawati L, Riduan A, Neliyati N, Alia Y, Antony D. Genetic diversity of cinnamon plants (Cinnamomum burmannii Bl.) at various altitude based on morphological character. IOP Conf Ser Mater Sci Eng. 2018;434(1):012129. doi:10.1088/1757-899X/434/1/012129

37. Mufidah S, et al. Ekstrak Etanol Kayu Manis Sebagai Antibakteri. J Ilm Kesehat. 2021;13(1):45–52.

38. Herlina N. Kayu manis: komoditas pemulihan ekosistem. ResearchGate; 2019.

39. Nugraha E. Review farmakognosi kayu manis. Borneo Pharmascientech. 2020.

40. Winarti C. Antibacterial Activity of Cinnamaldehyde from C. burmannii. Pharmacogn J. 2020.

41. Rachmaniah O. Cinnamaldehyde sebagai Agen Bioaktif dalam Ekstrak Kayu Manis. UMY; 2022.

42. Laili RN, et al. Pengaruh Ekstrak Etanol Kayu Manis terhadap Biofilm Bakteri Periodontal. J Farm Indones. 2022.

43. Mustarichie R, et al. Antibacterial and Antioxidant Activities of Cinnamon Extracts. Asian J Pharm Clin Res. 2018.

44. Nuryastuti T. Antibacterial activity of cinnamon bark extract against S. epidermidis. Pharmacogn J. 2017;9(3):350–4.

45. Zhang Y, Liu X, Wang Y, Jiang P, Quek SY. Antibacterial activity and mechanism of cinnamon essential oil against E. coli and S. aureus. Food Control. 2016;59:282–9. doi:10.1016/j.foodcont.2015.05.032.

46. Subash-Babu P, Alshatwi AA. Cinnamaldehyde suppresses hepatic cancer cell proliferation by promoting ROS-dependent mitochondrial pathway and p53 signaling. Biomed Pharmacother. 2018;98:806–17. doi:10.1016/j.biopha.2017.12.137.

47. Pramod K, Ansari SH, Ali J. Eugenol: A natural compound with versatile pharmacological actions. Nat Prod Res. 2019;33(9):1250–62. doi:10.1080/14786419.2018.143784.

48. Marchese A, Barbieri R, Coppo E, et al. Antimicrobial activity of eugenol and essential oils containing eugenol: a mechanistic viewpoint. Crit Rev Microbiol. 2017;43(6):668–89. doi:10.1080/1040841X.2017.129522.

49. Barbehenn RV, Constabel CP. Tannins in plant–herbivore interactions. Phytochemistry. 2011;72(13):1551–65.

50. Noer S, Pratiwi RD, Gresinta E. Penetapan Kadar Senyawa Fitokimia (Tanin, Saponin dan Flavonoid) sebagai Kuersetin Pada Ekstrak Daun Inggu (Ruta angustifolia L.). J Eksakta. 2018;18(1):19–29.

51. Basheer L, Kerem Z. Interactions between CYP3A4 and dietary polyphenols. Oxid Med Cell Longev. 2015;2015:854015. doi:10.1155/2015/854015.

52. Zhang S, Zhang Y, Cheng M, et al. Natural coumarin derivatives: potential candidates for the treatment of inflammatory diseases. Phytomedicine. 2022;101:154168. doi:10.1016/j.phymed.2022.154168.

53. Cao H, Zhang C, Su Y, et al. Kaempferol as a dietary anti-inflammatory agent: current therapeutic standing. Molecules. 2020;25(18):4073. doi:10.3390/molecules25184073

54. Rolls G. H&E Staining Overview: A Guide to Best Practices. Leica Biosystems. 2018.

55. Kong J, et al. H&E image analysis pipeline for quantifying morphological features. Comput Struct Biotechnol J. 2023; 21:1234-1245.

56. Bai B, et al. Deep learning-enabled virtual histological staining of biological samples. Light Sci Appl. 2023;12:57.

57. Zhang Y, et al. Digital synthesis of histological stains using micro-structured and multiplexed virtual staining of label-free tissue. Light: Scient and Application. 2020.

58. Parisi F, Degl'Innocenti S, Aytaş Ç, Pirone A, Cantile C. Morphological and Immunohistochemical Changes in Progressive Postmortem Autolysis of the Murine Brain. Animals. 2024;14(24):3676. doi:10.3390/ani14243676

59. Lee T. Histopathological changes in murine intestine postmortem. J Vet Diagn Invest. 2018;30(6):855–62.

60. Patel S, et al. Early postmortem tissue changes in murine models. Forensic Sci Int.2019;301:129–37.

61. Szecsi P. Histopathologic evaluation of postmortem autolytic changes in mouse tissues. J Vet Diagn Invest. 2021;33(5):789–97. doi:10.1177/10406387211021865

62. Bancroft JD, Gamble M. Theory and Practice of Histological Techniques. 6th ed. Churchill Livingstone; 2008.

63. Chen L. Antibacterial activity of cinnamon ethanol extract. Int J Food Sci Technol. 2019;54(5):1671–79.

64. Malheiro JF. Cinnamon oil extraction and stability. Int Biodeterior Biodegradation. 2018;141:71–78.

65. Kharisma YS. Efektivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Kayu Manis terhadap Bakteri Pembusuk. J Bimed Indonesia. 2022;13(1):45–52.

66. Al-Zoreky NS. Antimicrobial activity of pomegranate (Punica granatum L.) fruit peels. Int J Food Microbiol. 2009;134(3):244–8.

67. Sharma N. Preservative effects of cinnamon oil in meat products. J Food Sci Technol. 2020;57(6):2001–10.

68. Lee C, et al. Biocompatibility of cinnamon extract in vivo. Toxicol Appl Pharmacol. 2022;429:115742.

69. Aragonés ÁM, Martínez-Manzanares E, Tapia-Paniagua ST. Early post mortem interval estimation in a mouse model using molecular analyses of the gut thanatomicrobiome. Rev Esp Med Leg. 2022;48(3):107–14.

70. Howie RR, McKinney MM, Tataryn NM, Cole AL, Dupont WD, Yang TS, et al. Determination of Postmortem Interval in Mice. J Am Assoc Lab Anim Sci. 2024;63(4):428–36.

71. Theodore VJ, Wangko S, Kalangi SJR. Gambaran histologik usus halus pada hewan coba selama 24 jam postmortem. J e-Biomedik. 2017;5(1).

72. Yu L, Huang C, Yang W, Ren Z, Li L, Cheng H, et al. Aqueous cinnamon extract ameliorates bowel dysfunction and enteric 5-HT synthesis in IBS rats. Front Pharmacol. 2023;13(January):1–11.

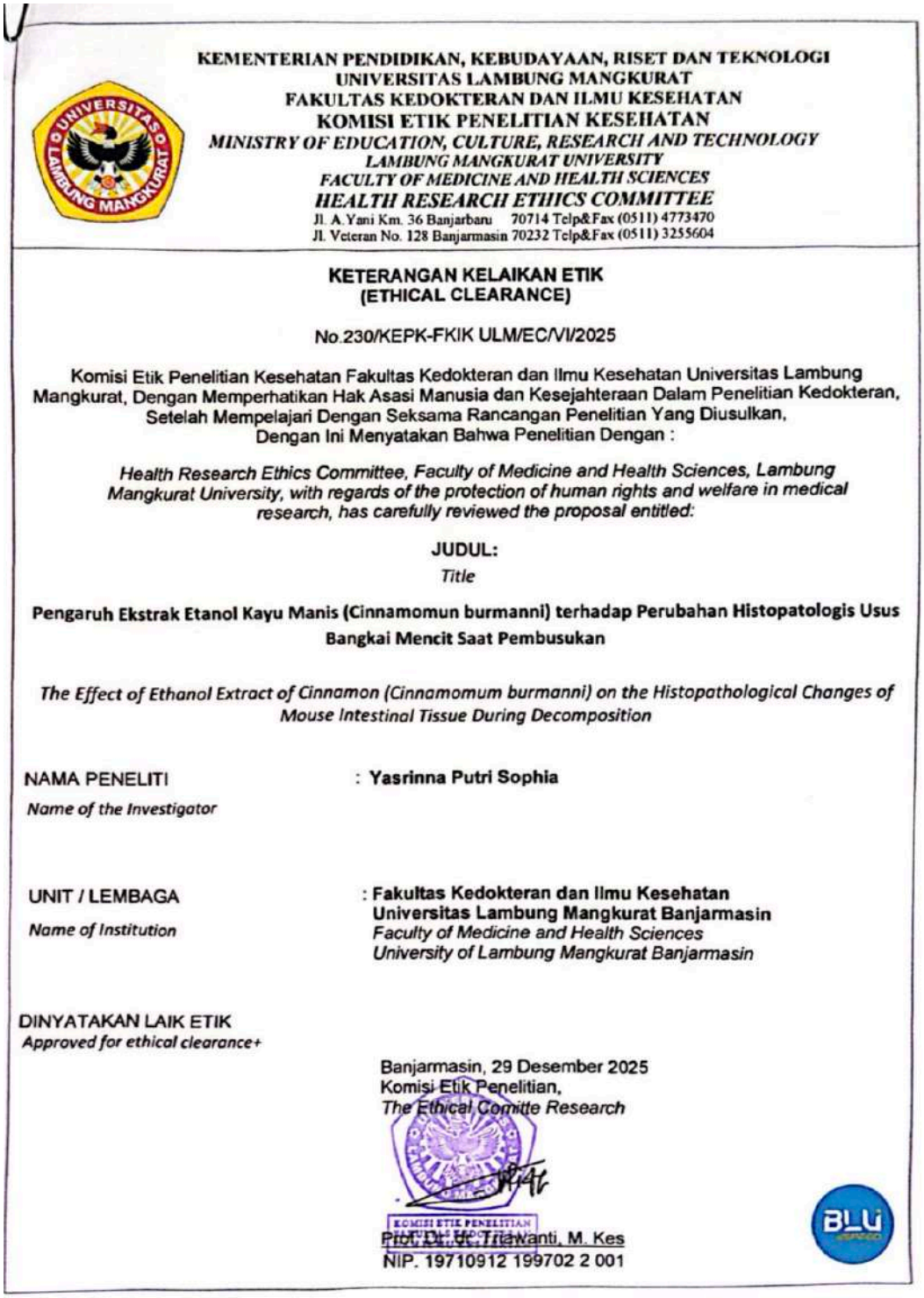
73. Park T gwon, Kim YR, Park S yeon, Choi K, Kim KJ, Kim JY. Cinnamon (Cinnamomum cassia) hot water extract improves inflammation and tight junctions in the intestine in vitro and in vivo. Food Sci Biotechnol [Internet]. 2023;32(13):1925–33. Available from: https://doi.org/10.1007/s10068-023-01292-3

74. Tozzo P, Amico I, Delicati A, Toselli F, Caenazzo L. Post-Mortem Interval and Microbiome Analysis through 16S rRNA Analysis: A Systematic Review. Diagnostics. 2022;12(11).

75. Wang L, Zhang F, Zeng K, Dong W, Yuan H, Wang Z, et al. Microbial communities in the liver and brain are informative for postmortem submersion interval estimation in the late phase of decomposition: A study in mouse cadavers recovered from freshwater. Front Microbiol. 2022;13(November):1–13.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat *Etichal clearance*



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
FAKULTAS KEDOKTERAN DAN ILMU KESEHATAN
KOMISI ETIK PENELITIAN KESEHATAN
MINISTRY OF EDUCATION, CULTURE, RESEARCH AND TECHNOLOGY
LAMBUNG MANGKURAT UNIVERSITY
FACULTY OF MEDICINE AND HEALTH SCIENCES
HEALTH RESEARCH ETHICS COMMITTEE
Jl. A.Yani Km. 36 Banjarbaru 70714 Telp&Fax (0511) 4773470
Jl. Veteran No. 128 Banjarmasin 70232 Telp&Fax (0511) 3255604

KETERANGAN KELAIKAN ETIK
(ETHICAL CLEARANCE)

No.230/KEPK-FKIK ULM/EC/VI/2025

Komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Lambung Mangkurat, Dengan Memperhatikan Hak Asasi Manusia dan Kesejahteraan Dalam Penelitian Kedokteran, Setelah Mempelajari Dengan Seksama Rancangan Penelitian Yang Diusulkan, Dengan Ini Menyatakan Bahwa Penelitian Dengan :

Health Research Ethics Committee, Faculty of Medicine and Health Sciences, Lambung Mangkurat University, with regards of the protection of human rights and welfare in medical research, has carefully reviewed the proposal entitled:

JUDUL:
Title

Pengaruh Ekstrak Etanol Kayu Manis (Cinnamomun burmanni) terhadap Perubahan Histopatologis Usus Bangkai Mencit Saat Pembusukan

The Effect of Ethanol Extract of Cinnamon (Cinnamomum burmanni) on the Histopathological Changes of Mouse Intestinal Tissue During Decomposition

NAMA PENELITI : **Yasrinna Putri Sophia**
Name of the Investigator

UNIT / LEMBAGA : **Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan**
Universitas Lambung Mangkurat Banjarmasin
Name of Institution *Faculty of Medicine and Health Sciences*
University of Lambung Mangkurat Banjarmasin

DINYATAKAN LAIK ETIK
Approved for ethical clearance+

Banjarmasin, 29 Desember 2025
Komisi Etik Penelitian,
The Ethical Comitte Research

KOMISI ETIK PENELITIAN

Prof. Dr. dr. Triawanti, M. Kes
NIP. 19710912 199702 2 001

Lampiran 2. Surat Peminjaman Laboratorium Anatomi Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Lambung Mangkurat

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
FAKULTAS KEDOKTERAN DAN ILMU KESEHATAN
LABORATORIUM ANATOMI
Jl. Veteran No. 128 Banjarmasin, telp. (0511) 3250050

Surat Keterangan Telah Melakukan Penelitian.

Yang bertanda tanagan dibawah Ini :

Nama : dr. Ahmad Husairi, M.Ag,M.Imun
Jabatan : Kepala Laboratorium Anatomi

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang beridentitas :

1. Cut Muthia Syahfitri
   NIM. 221091220022
2. Yasrinna Putri Sophia
   NIM. 2210911320046
3. Sulistia
   NIM. 2210911320055

Telah selesai melakukan penelitian di Laboratorium Anatomi. Dalam rangka penyusunan skripsi dengan judul: Pengaruh ekstrak Etanol Kayu Manis (Cinnamomum Burmanni)terhadap perubahan makroanatomi usus bangkai mencit selama proses pembusukan.

Demikian Surat keterangan dibuat, untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Kepala Lab. Anatomi

dr. Akmad Husairi, M. Ag. M.Imun
NIP. 197106271997021001

Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian

1. Pengambilan sampel kayu manis di Loksado

2. Pengeringan kayu manis

3. Pembelenderan kayu manis

4. Melakukan maserasi selama 3 hari

5. Melakukan penyaringan ekstrak kayu manis, dan melakukan pengentalan dengan cara menganginkan ekstrak, lalu melakukan pengukuran kosentrasi dengan hasil ekstrak yang sudah mengental ke dalam kosentrasi 25% dan 50%

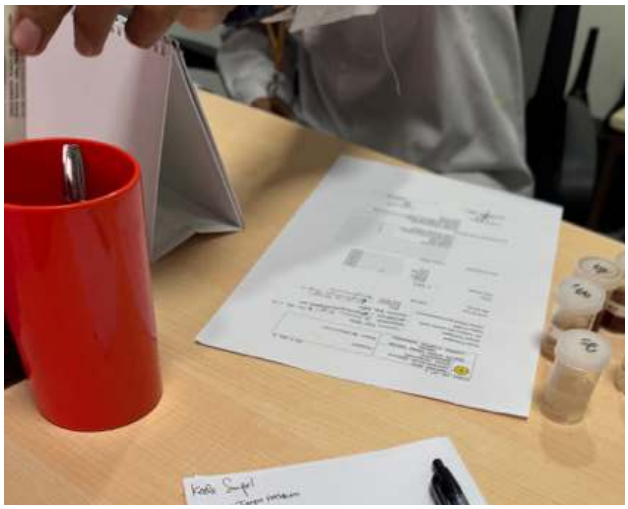
6. Melakukan Penelitian di Lab. Anatomi FKIK ULM

7. Melakukan pembiusan pada mencit menggunakan kombinasi kentamin dan xylazine yang diberikan melalui injeksi intraperitoneal

8. Melakukan pembedahan pada mencit dan pengambilan usus mencit

9. Melakukan perendaman usus bangkai mencit ke dalam 5 perlakuan

10. Pengantaran sampel usus bangkai mencit yang sudah direndam dalam 5 perlakuan ke Lab. Histopatologi Balai Veteriner Banjarbaru



11. Preparat histo yang sudah dibuat

12. Pembacaan gambaran histopatologi oleh analis dengan aplikasi Epview

Lampiran 4. Tabel Hasil Perhitungan Histopatologi di 5 Perlakuan

Kelompok	Perlakuan	ID_Mencit	Skor Degenerasi	Skor Nekrosis	Skor Total
K1	Tanpa perlakuan	K1_1	4	3	7
		K1_2	4	3	7
		K1_3	4	4	8
		K1_4	3	3	6
		K1_5	4	4	8
K2	Formalin 10%	K2_1	0	0	0
		K2_2	0	0	0
		K2_3	0	0	0
		K2_4	0	0	0
		K2_5	0	0	0
K3	Aquades	K3_1	4	4	8
		K3_2	3	3	6
		K3_3	4	4	8
		K3_4	4	4	8
		K3_5	4	4	8
K4	Ekstrak kayu manis 25%	K4_1	2	1	3
		K4_2	2	1	3
		K4_3	2	1	3
		K4_4	2	1	3
		K4_5	1	1	2
K5	Ekstrak kayu manis 50%	K5_1	1	0	1
		K5_2	0	0	0
		K5_3	0	0	0
		K5_4	0	0	0
		K5_5	0	0	0

Sertifikat

Nomor: 444/UN8.1.17/PSKPS/JTAM/2026

Diberikan kepada :

YASRINNA PUTRI SOPHIA

dengan judul:

PENGARUH EKSTRAK ETANOL KAYU MANIS TERHADAP HISTOPATOLOGIS USUS BANGKAI MENCIT SAAT PEMBUSUKAN

NIM : 2210911320046

Program Studi : S1 - Kedokteran Program Sarjana

Fakultas : Kedokteran

Telah dilakukan uji kemiripan dengan indeks sebesar :

5 %

Senin, 26 Januari 2026

Koordinator Program Studi

Prof. Triawanti, M.Kes

NIP. 19710912 1997022001

Koordinator Unit Jurnal Program Studi

Wahyuni, S.Kep., Ns., M.Kes.

NIP. 19910509 202203 2 013

Turnitin Kedokteran ULM

YASRINNA PUTRI SOPHIA

JTAM 2023

Pendidikan Dokter

Lambung Mangkurat University

Document Details

Submission ID
trn:oid:::1:3465021134

Submission Date
Jan 26, 2026, 9:29 AM GMT+7

Download Date
Jan 26, 2026, 9:30 AM GMT+7

File Name
YASRINNA_PUTRI_SOPHIA.docx

File Size
47.4 KB

11 Pages

3,388 Words

22,707 Characters

5% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text

Top Sources

4% Internet sources
4% Publications
0% Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

4% Internet sources
4% Publications
0% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1 Internet
worldwidescience.org <1%

2 Publication
Cheryl Prabowo, Florence Pribadi, Mellyanawati Mellyanawati. "Eksplorasi Efek Hi... <1%

3 Internet
ejurnal.poltekkes-tjk.ac.id <1%

4 Internet
jurnal.unej.ac.id <1%

5 Publication
Jasmine Tarisha Azzahra, Eka Yudha Rahman, Husnul Khatimah Khatimah. "Aktivi... <1%

6 Internet
jurnal.ikbis.ac.id <1%

7 Internet
media.neliti.com <1%

PENGARUH EKSTRAK ETANOL KAYU MANIS (CINNAMOMUM BURMANNII) TERHADAP HISTOPATOLOGIS USUS BANGKAI MENCIT SAAT PEMBUSUKAN

Yasrinna Putri Sophia[1], dr. Nila Nirmalasari, M.Sc, M.H., Sp.F[2], Dr. dr. Oski Illiandri, M.Kes[3], Dr. dr. Iwan Aflanie, M.Kes, Sp.F, SH[4], dr. Ahmad Husairi, M.Ag, M.Imun[5]

[1]Program Studi Kedokteran Program Sarjana, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Lambung Mangkurat.
[2]Departemen Forensik, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Lambung Mangkurat.
[3]Departemen Biomedik, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Lambung Mangkurat.
[4]Departemen Forensik, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Lambung Mangkurat.
[5]Departemen Biomedik, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Lambung Mangkurat.

Email koresspondensi: 2210911320046@mhs.ulm.ac.id

Abstract: Postmortem decomposition involves autolysis and putrefaction, with the intestine being the most vulnerable organ due to its dense microbiota and active digestive enzymes. *Although formalin is effective, it is toxic and carcinogenic. This study aimed to evaluate the effect of cinnamon ethanolic extract on histopathological changes in postmortem mouse intestine during decomposition. Twenty-five male mice were divided into five groups: no treatment, aquades, 10% formalin, 25% extract, and 50% extract. After euthanasia, intestines were treated and observed at 24 hours. The main parameter was histopathological score based on mucosal epithelial degeneration and tissue necrosis (scale 0–8). Results showed severe damage in control groups (mean scores 7.2–7.6), while the 50% extract group exhibited minimal damage (score 0.2 ± 0.45), comparable to formalin (score 0.0). Kruskal-Wallis test revealed highly significant differences ($p < 0.001$). Conclusion: 50% cinnamon ethanolic extract significantly delays histopathological degradation of postmortem mouse intestine, making it a promising natural alternative to formalin.*

Keywords: *cinnamon, decomposition, intestine, histopathology, natural preservative*

Abstrak: Pembusukan pasca kematian melibatkan autolisis dan putrefaksi, dengan usus sebagai organ paling rentan akibat mikroflora padat dan enzim pencernaan aktif. Formalin, meski efektif, bersifat toksik dan karsinogenik. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh ekstrak etanol kayu manis terhadap perubahan histopatologis usus bangkai mencit selama pembusukan. Sebanyak 25 ekor mencit jantan dibagi menjadi lima kelompok: tanpa perlakuan, aquades, formalin 10%, ekstrak 25%, dan ekstrak 50%. Setelah

euthanasia, usus diberi perlakuan dan diamati pada jam ke-24. Parameter utama adalah skor histopatologis berdasarkan degenerasi epitel mukosa dan nekrosis jaringan (skala 0–8). Hasil menunjukkan bahwa kelompok tanpa perlakuan dan aquades mengalami kerusakan berat (skor rata-rata 7,2–7,6), sedangkan kelompok ekstrak 50% menunjukkan kerusakan minimal (skor 0,2 ± 0,45), setara dengan kelompok formalin (skor 0,0). Uji Kruskal-Wallis menunjukkan perbedaan sangat bermakna ($p < 0,001$). Simpulan: ekstrak etanol kayu manis 50% mampu memperlambat degradasi histopatologis usus bangkai mencit secara signifikan, menjadikannya kandidat alternatif alami pengganti formalin.

Kata-kata kunci: kayu manis, pembusukan, usus, histopatologi, pengawet alami

PENDAHULUAN

Kematian merupakan kondisi akhir kehidupan yang ditandai oleh berhentinya seluruh fungsi biologis tubuh, termasuk sirkulasi, respirasi, dan aktivitas saraf pusat[1]. Setelah kematian, tubuh mengalami serangkaian perubahan biologis kompleks yang dikenal sebagai pembusukan, yang terdiri atas dua tahap utama: autolisis (degradasi jaringan oleh enzim endogen) dan putrefaksi (aktivitas mikroorganisme anaerob)[2]. Proses ini dimulai hanya beberapa jam pasca kematian, terutama pada organ dengan metabolisme tinggi dan mikroflora padat salah satunya adalah usus[3].

Usus, khususnya usus halus, merupakan tempat dengan konsentrasi mikroflora tertinggi dalam tubuh. Setelah kematian, bakteri ini keluar dari lumen dan mulai menjalar ke jaringan sekitarnya, memicu autolisis serta putrefaksi yang cepat[4]. Akibatnya, perubahan histopatologis seperti deskuamasi epitel, vakuolisasi, kariolisis, dan nekrosis mukosa muncul dalam hitungan jam. Oleh karena itu, usus menjadi indikator sensitif untuk mempelajari tahapan pembusukan[5].

Dalam konteks forensik dan pendidikan anatomi, stabilitas jaringan pasca kematian sangat penting. Formalin 10% telah lama digunakan sebagai bahan pengawet standar karena kemampuannya mengikat protein dan menghambat pertumbuhan mikroba[6]. Namun, formalin bersifat toksik, iritatif, dan karsinogenik, sehingga menimbulkan risiko kesehatan bagi peneliti, mahasiswa, dan lingkungan[7]. Hal ini mendorong pencarian alternatif alami yang aman dan efektif.

Salah satu kandidat potensial adalah kayu manis (*Cinnamomum burmannii*), rempah yang kaya akan senyawa bioaktif seperti cinnamaldehyde, eugenol, tannin, dan kaempferol[8]. Senyawa-senyawa ini telah terbukti memiliki aktivitas antimikroba terhadap bakteri anaerob seperti *Clostridium spp.* dan sifat antioksidan yang menekan stres oksidatif selama autolisis[9]. Studi oleh Sanjaya & Manullang (2021) menunjukkan bahwa ekstrak etanol kayu manis mampu mengurangi diare pada mencit melalui aktivitas antimikroba dan astringen, yang relevan dengan pengendalian mikrobiota usus pasca kematian[10].

Namun, hingga saat ini, belum ada penelitian yang secara spesifik mengevaluasi efek ekstrak etanol kayu manis terhadap struktur histopatologis usus bangkai mencit selama proses pembusukan alami. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan mengevaluasi pengaruh ekstrak etanol kayu manis terhadap perubahan histopatologis usus bangkai mencit selama pembusukan, dengan harapan dapat memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan bahan pengawet alami yang aman, efektif, dan berkelanjutan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh ekstrak etanol kayu manis terhadap perubahan histopatologis usus bangkai mencit selama pembusukan, dengan harapan dapat memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan bahan pengawet alami yang aman, efektif, dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi eksperimental *in vitro* dengan rancangan *post-test only control group design*. Penelitian telah mendapatkan persetujuan etik dari Komite Etik

Penelitian Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Lambung Mangkurat melalui surat nomor 094/KEPK-FKIK ULM/EC/VI/2025. Sebanyak 25 ekor mencit jantan (*Mus musculus*) dengan berat badan 25–30 gram digunakan sebagai sampel dan dibagi secara acak menjadi lima kelompok, masing-masing terdiri atas lima ekor. Kelima kelompok tersebut meliputi kelompok tanpa perlakuan (kontrol spontan), kelompok aquades (kontrol negatif), kelompok formalin 10% (kontrol positif), kelompok ekstrak etanol kayu manis 25%, dan kelompok ekstrak etanol kayu manis 50%. Pembagian jumlah sampel didasarkan pada rumus Federer, di mana nilai (t-1)(r-1) > 15 menghasilkan minimal lima ekor per kelompok untuk lima perlakuan yang diuji.

Ekstrak etanol kayu manis dibuat melalui metode maserasi menggunakan serbuk kulit batang *Cinnamomum burmannii* yang telah dikeringkan dan dihaluskan. Serbuk sebanyak 100 gram direndam dalam 500 mL etanol 70% selama tiga hari dengan perbandingan bahan-pelarut 1:5. Setelah periode perendaman, campuran disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 1, lalu filtrat dipekatkan menggunakan rotary evaporator pada suhu 40°C hingga diperoleh ekstrak kental. Ekstrak pekat tersebut kemudian dilarutkan kembali dalam aquades hingga mencapai konsentrasi akhir 25% dan 50% sesuai kebutuhan perlakuan. Semua mencit dikarantina selama tujuh hari untuk adaptasi lingkungan sebelum dilakukan intervensi penelitian.

Prosedur penelitian dimulai dengan euthanasia yang dilakukan secara etis menggunakan uap eter, diikuti tindakan eutanasi sekunder berupa dislokasi servikal untuk memastikan kematian yang humanis. Setelah kematian dikonfirmasi, abdomen dibedah secara aseptik untuk mengisolasi usus halus sepanjang ±10 cm. Usus yang telah dibersihkan dari jaringan lemak dan pembuluh darah kemudian diberi perlakuan melalui metode perendaman. Masing-masing usus direndam dalam 1 mL larutan sesuai kelompoknya tanpa perlakuan, aquades, formalin 10%, ekstrak 25%, atau ekstrak 50% selama 15 menit pada suhu ruang. Setelah perendaman, usus ditempatkan pada cawan petri steril terbuka dan disimpan pada suhu ruang (25–28°C) selama 24 jam, yang merupakan interval pascamortem yang dipilih untuk menangkap dinamika awal proses pembusukan.

Setelah 24 jam, sampel jaringan usus difiksasi dan diproses menjadi preparat histopatologis. Proses dehidrasi dilakukan secara bertingkat menggunakan alkohol 70%, 80%, 95%, dan 100%, diikuti klarifikasi dengan xilena, embedding dalam parafin, dan pemotongan jaringan menggunakan mikrotom pada ketebalan 5 µm. Irisan jaringan kemudian ditempelkan pada kaca objek dan diwarnai dengan hematoksilin-eosin (HE) untuk memungkinkan visualisasi struktur mikroskopis. Pengamatan histopatologis dilakukan menggunakan mikroskop cahaya pada perbesaran 100× dan 400× oleh dua observer buta untuk menghindari bias penilaian.

Parameter yang diamati meliputi degenerasi epitel mukosa dan nekrosis jaringan, masing-masing dinilai dengan sistem skoring 0–4, sehingga skor total berkisar antara 0 (tidak ada kerusakan) hingga 8 (kerusakan berat). Skor

degenerasi epitel mencakup penilaian terhadap vakuolisasi, kehilangan polaritas inti, pelepasan epitel, dan deskuamasi total. Sementara itu, skor nekrosis mencakup penilaian terhadap luas dan kedalaman lesi nekrotik, mulai dari nekrosis mikrofokal hingga nekrosis menyeluruh yang melibatkan seluruh lapisan dinding usus. Data skor dikumpulkan dalam lembar observasi terstruktur, lalu dimasukkan ke dalam Microsoft Excel untuk dokumentasi awal sebelum dianalisis lebih lanjut.

Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 25. Uji normalitas distribusi data dilakukan dengan Shapiro-Wilk. Karena data skor histopatologis tidak berdistribusi normal, analisis statistik menggunakan uji non-parametrik Kruskal-Wallis untuk membandingkan perbedaan antar kelompok, diikuti uji lanjutan Mann-Whitney dengan koreksi Bonferroni untuk mengidentifikasi pasangan kelompok yang berbeda signifikan. Tingkat signifikansi ditetapkan pada $p < 0,05$. Selain analisis inferensial, data juga disajikan secara deskriptif dalam bentuk rerata dan simpangan baku, serta divisualisasikan dalam tabel untuk memperjelas perbandingan antar kelompok perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengevaluasi pengaruh ekstrak etanol kayu manis terhadap perubahan histopatologis usus bangkai mencit selama proses pembusukan selama 24 jam pasca kematian. Pengamatan dilakukan secara mikroskopis terhadap struktur mukosa usus, dengan fokus pada dua parameter utama: degenerasi epitel mukosa dan nekrosis jaringan, yang dinilai menggunakan sistem skoring semi-kuantitatif (0–8). Hasil menunjukkan adanya perbedaan nyata antar kelompok perlakuan, baik secara deskriptif maupun statistik, yang mencerminkan efek protektif ekstrak kayu manis terhadap integritas jaringan usus selama fase awal dekomposisi.

Tabel 1. Rerata Skor Hispatologis Usus Mencit pada Jam ke-24 Berdasarkan Kelompok Perlakuan

Jenis Perlakuan	n	Mean Skor	SD	Min-Maks
Tanpa Perlakuan	5	7,2	0,84	6-8
Aquades	5	7,6	0,89	6-8
Formalin 10%	5	0,0	0,00	0-0
Ekstrak 25%	5	2,8	0,45	2-3
Ekstrak 50%	5	0,2	0,45	0-1

Pada kelompok tanpa perlakuan dan kelompok aquades, gambaran histopatologis usus setelah 24 jam menunjukkan kerusakan mukosa yang sangat berat. Epitel mukosa hampir seluruhnya terlepas dari lapisan basal, vili tampak kolaps, tumpul, bahkan tidak dapat dikenali lagi, dan lumen

dipenuhi debris seluler eosinofilik-basofilik yang padat. Batas antara mukosa, lamina propria, dan submukosa menyatu menjadi lesi nekrotik difus, menggambarkan autolisis dan putrefaksi lanjut. Temuan ini sejalan dengan konsep bahwa usus merupakan organ paling rentan terhadap pembusukan karena tingginya aktivitas enzim pencernaan dan kepadatan mikroflora komensal[1]. Setelah kematian, enzim lisosom seperti protease dan lipase dilepaskan secara masif, memicu lisis membran dan disintegrasi struktur seluler[21]. Bersamaan dengan itu, bakteri anaerob seperti *Clostridium perfringens* dan *Escherichia coli* yang sebelumnya bersimbiosis dalam lumen usus mulai menginvasi jaringan, memfermentasi protein, dan menghasilkan gas berbau busuk seperti hidrogen sulfida dan amonia[13]. Proses ini dipercepat oleh imbibisi air pada kelompok aquades, yang menyebabkan pembengkakan sel, gangguan integritas membran, dan pelepasan enzim intraseluler lebih cepat. Hal ini menjelaskan mengapa kelompok aquades menunjukkan kerusakan yang hampir identik dengan kelompok tanpa perlakuan, bahkan cenderung lebih parah pada beberapa sampel, dengan rerata skor mencapai 7,6 ± 0,89 angka tertinggi di antara semua kelompok.

Sebaliknya, kelompok formalin 10% menunjukkan arsitektur mukosa yang hampir sempurna. Vili tetap tinggi, ramping, dan tersusun homogen; epitel kolumnar sederhana melekat kontinu tanpa deskuamasi; polaritas inti sel terjaga; dan tidak ditemukan vakuolisasi atau nekrosis. Temuan ini konsisten dengan mekanisme fiksasi formalin yang membentuk ikatan silang antarmolekul protein, sehingga menghambat aktivitas enzim autolitik dan pertumbuhan mikroba. Formalin tidak hanya mengawetkan morfologi jaringan, tetapi juga mencegah penetrasi bakteri ke lapisan lebih dalam, sehingga integritas struktural mukosa tetap utuh hingga 24 jam pasca kematian. Kelompok ini berfungsi sebagai kontrol positif "gold standard" yang menegaskan bahwa setiap penyimpangan dari pola ini pada kelompok lain mencerminkan keberhasilan atau kegagalan agen pengawet alternatif dalam memperlambat autolisis.

Yang paling menarik adalah temuan pada kelompok ekstrak etanol kayu manis. Kelompok ekstrak 25% menunjukkan kerusakan ringan hingga sedang, dengan vili masih relatif tinggi, epitel sebagian besar tetap melekat, dan nekrosis terbatas pada mukosa tanpa meluas ke submukosa. Sementara itu, kelompok ekstrak 50% menampilkan arsitektur mukosa yang mendekati normal vili dan kripta jelas, epitel melekat rapi, polaritas inti terjaga, dan hanya terdapat deskuamasi ringan pada sebagian kecil permukaan. Skor histopatologis rerata untuk kelompok ini hanya 0,2 ± 0,45, tidak berbeda bermakna dari kelompok formalin (p = 0,317), namun sangat signifikan berbeda dari kelompok kontrol (p < 0,01). Ini menunjukkan bahwa ekstrak kayu manis, terutama pada konsentrasi 50%, mampu memberikan efek protektif yang hampir setara dengan formalin dalam mempertahankan integritas histologis usus selama 24 jam pasca kematian.

Mekanisme protektif ini diduga berasal dari sinergi senyawa bioaktif dalam kayu manis, terutama

cinnamaldehyde dan eugenol. Cinnamaldehyde, yang menyusun 65–80% minyak atsiri kayu manis, diketahui merusak membran sel bakteri, meningkatkan permeabilitas, dan menghambat sintesis protein mikroba patogen[8]. Studi oleh Morris dkk. (2020) membuktikan bahwa cinnamaldehyde secara efektif mengganggu integritas membran *Gram-negative pathogens*, termasuk *E. coli* dan *Salmonella* spp., yang merupakan flora normal usus dan aktor utama dalam putrefaksi usus pascamati[8]. Dengan menghambat pertumbuhan bakteri ini, ekstrak kayu manis memperlambat invasi mikroba ke lapisan submukosa dan produksi enzim proteolitik yang mempercepat degradasi jaringan.

Selain itu, eugenol senyawa fenolik aromatik lain dalam kayu manis memberikan efek antiinflamasi dan antioksidan yang kuat. Meskipun konteks penelitian ini adalah jaringan mati, efek antioksidan tetap relevan karena stres oksidatif terjadi akibat akumulasi ROS (Reactive Oxygen Species) dari metabolisme residual dan aktivitas enzim oksidatif pasca kematian. Eugenol mampu menangkap radikal bebas dan menekan peroksidasi lipid, sehingga memperlambat kerusakan membran sel dan organel, termasuk mitokondria dan lisosom. Dengan demikian, pelepasan enzim autolitik dari lisosom dapat ditekan, dan integritas epitel mukosa tetap terjaga.

Temuan ini diperkuat oleh studi eksperimental pada model *irritable bowel syndrome* (IBS) pada tikus, di mana ekstrak kayu manis terbukti memperbaiki fungsi barier epitel usus, menurunkan sintesis serotonin enterik yang berlebihan, dan mengurangi disfungsi motilitas. Aktivitas bioaktif kayu manis menekan ekspresi enzim Tryptophan Hydroxylase 1 dan mengontrol metabolisme 5-HT, yang secara tidak langsung menstabilkan epitel dan mengurangi stres pada mukosa usus. Walaupun konteks tersebut adalah model inflamasi pada hewan hidup, prinsip biologisnya tetap berlaku: ekstrak kayu manis memperkuat integritas barier epitel. Dalam konteks bangkai, hal ini berarti epitel lebih tahan terhadap autolisis dan invasi bakteri, sehingga struktur vili dan kripta tetap terjaga meski telah 24 jam pasca kematian.

Lebih jauh, kemampuan ekstrak kayu manis dalam mempertahankan struktur mukosa juga berkaitan dengan efeknya terhadap *tight junction*. Penelitian oleh Park dkk. (2023) menunjukkan bahwa ekstrak air panas *Cinnamomum cassia* meningkatkan ekspresi protein *tight junction* seperti ZO-1, occludin, dan claudin pada sel Caco-2 dan model kolitis mencit. Protein-protein ini berfungsi sebagai "seal" antar sel epitel, mencegah kebocoran dan invasi patogen. Dalam penelitian ini, epitel pada kelompok ekstrak kayu manis tetap melekat kontinu dan batas mukosa–submukosa masih jelas, berbeda tajam dengan gambaran disintegrasi total pada kelompok kontrol. Ini menunjukkan bahwa ekstrak kayu manis tidak hanya menghambat mikroba, tetapi juga memperkuat struktur fisik epitel, sehingga menjadi penghalang awal yang efektif terhadap penetrasi bakteri pembusuk.

Dinamika mikrobioma pascakematian juga dipengaruhi oleh integritas jaringan. Telaah sistematik

oleh Tozzo dkk. (2022) menegaskan bahwa usus merupakan sumber utama bakteri yang menyebar ke organ viseral selama dekomposisi. Wang L dkk. (2022) menunjukkan bahwa laju kolonisasi bakteri sangat dipengaruhi oleh kondisi jaringan dan integritas barier alami. Dengan demikian, mukosa usus yang masih terjaga pada kelompok ekstrak kayu manis berperan sebagai penghambat awal terhadap invasi bakteri, sehingga pola histopatologisnya menjadi lebih terawat dibandingkan kelompok tanpa pengawet.

Respons dosis-dependen yang teramati di mana konsentrasi 50% memberikan perlindungan lebih baik daripada 25% konsisten dengan literatur tentang penggunaan ekstrak tanaman sebagai pengawet. Wang L dkk. (2022) melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi minyak kayu manis dalam film pengemas meningkatkan aktivitas antibakteri hingga titik optimum.

Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil menjembatani data molekuler tentang efek antiinflamasi dan pelindung barier dari ekstrak kayu manis dengan bukti morfologis langsung pada jaringan usus bangkai. Gambaran vili yang tetap tinggi, epitel yang tidak terkelupas luas, serta ketiadaan nekrosis difus pada kelompok ekstrak sepenuhnya konsisten dengan peran kayu manis dalam mengurangi pelepasan sitokin proinflamasi dan menjaga *tight junction* yang dilaporkan pada model kolitis dan IBS. Dengan mengintegrasikan temuan-temuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa ekstrak etanol kayu manis 25% dan terutama 50% memberikan efek protektif nyata terhadap struktur histologis usus bangkai mencit dalam 24 jam pertama pembusukan, melalui kombinasi sifat antimikroba, antioksidan, dan penopang integritas barrier epitel.

PENUTUP

Pemberian ekstrak etanol kayu manis konsentrasi 25% dan 50% berpengaruh nyata terhadap perubahan histopatologis usus bangkai mencit 24 jam pascakematian, yang ditunjukkan oleh perbedaan bermakna skor kerusakan mukosa dibandingkan kelompok tanpa perlakuan dan aquades berdasarkan uji Kruskal Wallis dan uji Mann Whitney[18]. Kelompok tanpa perlakuan dan kelompok aquades mengalami kerusakan mukosa sangat berat berupa hilangnya arsitektur vili kripta, deskuamasi epitel total, dan lesi nekrotik difus hingga submukosa, yang menggambarkan autolisis dan putrefaksi lanjut dalam 24 jam[15]. Kelompok ekstrak kayu manis 25% masih mempertahankan vili yang cukup tinggi, kripta yang jelas, epitel kolumnar yang sebagian besar tetap melekat, dengan kerusakan terbatas pada degenerasi epitel derajat ringan sedang dan nekrosis mikrofokal yang hanya mengenai mukosa. Kelompok ekstrak kayu manis 50% menunjukkan arsitektur mukosa yang mendekati normal, dengan vili dan kripta yang teratur, epitel melekat kontinu, polaritas inti terjaga, serta skor kerusakan histopatologis yang sangat rendah dan tidak berbeda bermakna dengan kelompok formalin 10% sebagai kontrol positif.

Penelitian selanjutnya disarankan menambah variasi interval waktu pascamortem untuk menggambarkan

dinamika proteksi ekstrak kayu manis terhadap mukosa usus secara lebih komprehensif sepanjang fase pembusukan. Perlu dilakukan penelitian lanjutan yang mengevaluasi dosis dan bentuk sediaan lain serta pengujian pada organ lain selain usus untuk menilai konsistensi efek pengawetan ekstrak kayu manis. Disarankan penelitian berikutnya menambahkan analisis mikrobiologis dan atau imunohistokimia untuk menguatkan mekanisme kerja ekstrak kayu manis sebagai agen pengawet alami jaringan postmortem[27].

DAFTAR PUSTAKA

1. Aflanie I, Nirmalasari N, Arizal MH. *Ilmu Kedokteran Forensik dan Medikolegal*. Denpasar: Rajawali Pers; 2020. p. 2–9.
2. Oehmichen M, Meissner C, König HG. Postmortem persistence of intestinal mucosal architecture: an approach to estimate the time since death. *Forensic Sci Int*. 2017;275:1–6. doi:10.1016/j.forsciint.2017.03.026.
3. Mun'im A, Sari D, Putri A, Rahmawati E. Penggunaan Tanaman Obat dalam Pengawetan Biologis. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*. 2019;6(2):112–117.
4. Dewi A, Laili RN, Mufidah S, Herlina N. Senyawa Aktif Kayu Manis dan Potensinya Sebagai Antibakteri. *Jurnal Farmasi Galenika*. 2022;8(1):45–52.
5. Sanjaya AN, Manullang HF. Efektivitas Ekstrak Etanol Kayu Manis terhadap Mencit Diinduksi Oleum Ricini. *BEST J*. 2021;7(2):103–110.
6. Alizadeh Behbahani B, Falah F, Lavi Arab F, Vasiee M, Tabatabaee Yazdi F. Chemical composition and antioxidant, antimicrobial, and antiproliferative activities of *Cinnamomum zeylanicum* bark essential oil. *J Chem*. 2020;2020:5190603. doi:10.1155/2020/5190603.
7. Morris EP, Patel S, Korsten L. Cinnamaldehyde disrupts bacterial cell membrane integrity and inhibits protein synthesis in Gram-negative pathogens. *Food Microbiol*. 2020;91:103556. doi:10.1016/j.fm.2020.103556.
8. Klimek K, Tyśkiewicz K, Miazga-Karska M, Majewska E, Nowakowska J, Szczepanik M. Evaluation of combined antibacterial effects of eugenol, cinnamaldehyde against *E. coli*. *Molecules*. 2021;26(8):2366. doi:10.3390/molecules26082366.
9. Zhang L, Wang Y, Li X, Chen Z, Luo H, Liu T. Apoptosis and inflammatory cell infiltration in intestine during early postmortem interval in rats. *Forensic Sci Int*. 2012;223(1–3):233.e1–233.e6. doi:10.1016/j.forsciint.2012.07.025.
10. Helander HF, Fändriks L. Surface area of the digestive tract – revisited. *Scand J Gastroenterol*. 2014;49(6):681–689. doi:10.3109/00365521.2014.898326.
11. Bevins CL, Salzman NH. Paneth cells, antimicrobial peptides and maintenance of intestinal homeostasis. *Nat Rev Microbiol*. 2011;9(5):356–368. doi:10.1038/nrmicro2546.

12. Greene RF, Hwang H. Formaldehyde cross-linking mechanisms: modern perspectives. *Histochem Cell Biol*. 2021;155(2):135–154. doi:10.1007/s00418-020-01892-x.
13. Patel K, Sharma J. Histopathological artifacts due to formalin fixation: a systematic review. *J Histotechnol*. 2022;45(3):210–219. doi:10.1080/01478885.2022.2083341.
14. Santos N, Andrade S. Plant phenolics and flavonoids: mechanisms of preservation in tissue. *Planta Med*. 2020;86(3–4):143–155. doi:10.1055/a-1068-3839.
15. Taylor D, Farag S, Fahmy S. Ancient Egyptian embalming recipes and their antimicrobial implications: The case of cinnamon. *J Archaeol Sci*. 2019;103:124–132. doi:10.1016/j.jas.2018.10.012.
16. Chen L, Li J, Huang Z. Effects of cinnamon ethanol extract on tissue preservation: microbial load and histology study. *Int J Food Sci Technol*. 2019;54(5):1671–1679. doi:10.1111/ijfs.14148.
17. Yu L, Huang C, Yang W, Ren Z, Li L, Cheng H, et al. Aqueous cinnamon extract ameliorates bowel dysfunction and enteric 5-HT synthesis in IBS rats. *Front Pharmacol*. 2023;13:1055721. doi:10.3389/fphar.2022.1055721.
18. Park T, Kim YR, Park SY, Choi K, Kim KJ, Kim JY. Cinnamon (*Cinnamomum cassia*) hot water extract improves inflammation and tight junctions in the intestine in vitro and in vivo. *Food Sci Biotechnol*. 2023;32(13):1925–1933. doi:10.1007/s10068-023-01292-3.
19. Tozzo P, Amico I, Delicati A, Toselli F, Caenazzo L. Post-Mortem Interval and Microbiome Analysis through 16S rRNA Analysis: A Systematic Review. *Diagnostics*. 2022;12(11):2735. doi:10.3390/diagnostics12112735.
20. Wang L, Zhang F, Zeng K, Dong W, Yuan H, Wang Z, et al. Microbial communities in the liver and brain are informative for postmortem submersion interval estimation in the late phase of decomposition: A study in mouse cadavers recovered from freshwater. *Front Microbiol*. 2022;13:944847. doi:10.3389/fmicb.2022.944847.
21. Aragonés ÁM, Martínez-Manzanares E, Tapia-Paniagua ST. Early post mortem interval estimation in a mouse model using molecular analyses of the gut thanatomicrobiome. *Rev Esp Med Leg*. 2022;48(3):107–114. doi:10.1016/j.remle.2022.03.002.
22. Howie RR, McKinney MM, Tataryn NM, Cole AL, Dupont WD, Yang TS, et al. Determination of Postmortem Interval in Mice. *J Am Assoc Lab Anim Sci*. 2024;63(4):428–436. doi:10.3390/ani14243676.
23. Theodore VJ, Wangko S, Kalangi SJR. Gambaran histologik usus halus pada hewan coba selama 24 jam postmortem. *J e-Biomedik*. 2017;5(1):1–8.
24. Lee T, Patel S, Szecsi P, Parisi F, Cantile C. Histopathological changes in murine intestine postmortem. *J Vet Diagn Invest*.

2018;30(6):855–862. doi:10.1177/1040638718793902.

25. Szecsi P, Lee T, Patel S, Parisi F, Cantile C. Histopathologic evaluation of postmortem autolytic changes in mouse tissues. *J Vet Diagn Invest*. 2021;33(5):789–797. doi:10.1177/10406387211021865.