

**PENGARUH EKSTRAK DAUN PECUT KUDA (*Stachytarpheta jamaicensis*)
TERHADAP AKTIVITAS DAN KAPASITAS FAGOSITOSIS SEL
MAKROFAG PERITONEUM SECARA IN VITRO**

SKRIPSI

OLEH

CHILYA JAZILAH AS-SAADAH

220602110079



PROGRAM STUDI BIOLOGI

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG

2026

**PENGARUH EKSTRAK DAUN PECUT KUDA (*Stachytarpheta jamaicensis*)
TERHADAP AKTIVITAS DAN KAPASITAS FAGOSITOSIS SEL
MAKROFAG PERITONEUM SECARA IN VITRO**

SKRIPSI

**OLEH
CHILYA JAZILAH AS-SAADAH
NIM. 220602110079**

**Diajukan Kepada
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Chilya Jazilah As-saadah
NIM : 220602110079
Program Studi : Biologi
Judul Skripsi : Pengaruh Ekstrak Daun Pecut Kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*) Terhadap Aktivitas dan Kapasitas Fagositosis Sel Makrofag Peritoneum Secara *In vitro*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 11 Juni 2026 dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Kholifah Holil, M.Si.
NIP. 19751106 200912 2 002

(.....)

Pembimbing II : Didik Wahyudi, M.Si.
NIP. 19860102 201801 1 001

(.....)

Tim Penguji : Dr. Kiptiyah M.Si.
NIP. 19731005 200212 2 003

(Ketua) (.....)

Ns. Wiwik Agustina, S. Kep., M.Biomed.
NIP. 19820801 202321 2 029

(Anggota) (.....)



Prof. Dr. Retno Susilowati, M.Si
NIP. 19671113 199402 2 001

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin , puji dan syukur dipanjatkan kepada Allah SWT. atas segala Rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhamma SAW. sebagai suri tauladan terbaik bagi umat-Nya. Penulis mempersembahkan skripsi ini dan mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Diri saya sendiri, sebagai bentuk penghargaan atas segala usaha, ketekunan, dan perjuangan yang telah dilalui selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini. Semua usaha, doa, air mata, dan perjuangan menjadi bukti bahwa saya mampu melewati setiap tantangan hingga akhirnya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Semoga pencapaian ini menjadi awal dari langkah-langkah baik berikutnya.
2. Kedua orang tua serta kakak dan adik tersayang, yang senantiasa memberikan kasih sayang, dukungan, motivasi, serta doa yang tak pernah putus dalam setiap langkah kehidupan penulis. Terimakasih atas segala pengorbanan dan kepercayaan yang diberikan hingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan.
3. Ibu Kholifah Holil, M.Si selaku dosen pembimbing skripsi yang telah sabar meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan, arahan, serta ilmu yang sangat berharga selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
4. Bapak Didik Wahyudi, M.Si, selaku dosen pembimbing bidang integrasi sains dan islam yang telah memberikan banyak wawasan, arahan, serta pemahaman terkait sains dan islam.
5. Ibu Lil Hanifah dan Pak Basyar yang selalu sabar memberi bimbingan, motivasi, arahan, dan bantuan selama proses penelitian sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.
6. Nahdya Zahara, rekan penelitian yang telah kebersamai penulis dalam setiap tahap penelitian. Terimakasih atas kerja sama, dukungan, bantuan, serta semangat yang diberikan hingga penelitian dan penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan.
7. Teman-teman seperjuangan (Cfd, Pokok e, dan kos kembar), yang selalu hadir memberikan dukungan, semangat, bantuan, dan kebersamaan dalam suka maupun duka selama menjalani masa perkuliahan dan penyusunan skripsi.
8. Angkatan Raventalizm 2022 yang telah menjadi bagian dari perjalanan penulis selama menempuh pendidikan di bangku perkuliahan. Terima kasih atas kebersamaan, pengalaman, dan kenangan berharga yang telah diberikan.

MOTTO

“Kebahagiaan tumbuh dari cara kita memaknai setiap perjalanan”
-cja-

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Chilya Jazilah As-saadah
NIM : 220602110079
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Pengaruh Ekstrak Daun Pecut Kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*)
Terhadap Aktivitas dan Kapasitas Fagositosis Sel Makrofag
Peritoneum Secara In Vitro

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-banar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi akademik maupun hukum atas perbuatan tersebut.

Malang, 11 Juni 2026

Yang membuat pernyataan,



Chilya Jazilah As-saadah

NIM. 220602110079

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar Pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya

PENGARUH EKSTRAK DAUN PECUT KUDA (*Stachytarpheta jamaicensis*) TERHADAP AKTIVITAS DAN KAPASITAS FAGOSITOSIS SEL MAKROFAG PERITONEUM SECARA IN VITRO

Chilya Jazilah As-saadah, Kholifah Holil, Didik Wahyudi

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRAK

Makrofag merupakan salah satu komponen sistem imun non-spesifik yang berperan penting dalam proses fagositosis terhadap partikel asing. Daun pecut kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*) diketahui mengandung senyawa bioaktif yang berpotensi sebagai imunomodulator alami untuk meningkatkan aktivitas sistem imun. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ekstrak daun pecut kuda terhadap aktivitas dan kapasitas fagositosis sel makrofag peritoneum secara *in vitro*. Rancangan pada penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan tiga ulangan. Sel makrofag diisolasi dari rongga peritoneum mencit Balb/c jantan usia 6-8 minggu, kemudian dikultur menggunakan media RPMI 10% FBS, dan diberi perlakuan dengan konsentrasi yang berbeda. Perlakuan yang digunakan yaitu K (kontrol), ekstrak daun pecut kuda dengan variasi konsentrasi, yaitu P1 (50 µg/ml), P2 (100 µg/ml) dan P3 (150 µg/ml) yang diberikan dalam media kultur kemudian diinkubasi 24 jam dalam inkubator CO₂ 5% dengan suhu 37°C. Parameter yang diamati adalah aktivitas dan kapasitas fagositosis sel makrofag yang menggunakan *latex beads* berdiameter 3 µm sebagai model partikel asing, kemudian data dianalisis menggunakan uji *One-Way* ANOVA dan dilanjutkan dengan uji Duncan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian ekstrak daun pecut kuda berpengaruh terhadap aktivitas dan kapasitas fagositosis sel makrofag peritoneum mencit. Aktivitas fagositosis tertinggi diperoleh pada perlakuan P3 (150 µg/ml) sebesar 81,17%, sedangkan pada kapasitas fagositosis didapatkan nilai tertinggi pada perlakuan P2 (100 µg/ml) sebesar 5,02 latex/sel. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa pemberian ekstrak daun pecut kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*) berpotensi sebagai imunomodulator alami melalui peningkatan aktivitas dan kapasitas fagositosis sel makrofag peritoneum.

Kata kunci: aktivitas fagositosis, imunomodulator, kapasitas fagositosis, makrofag peritoneum, *Stachytarpheta jamaicensis*.

THE EFFECT OF EXTRACT OF JAMAICA VERVAIN LEAVES (*Stachytarpheta jamaicensis*) ON THE PHAGOCYTOSIS ACTIVITY AND CAPACITY OF PERITONEAL MACROPHAGES IN VITRO

Chilya Jazilah As-saadah, Kholifah Holil, Didik Wahyudi

Biology Program, Faculty of Science and Technology
Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang

ABSTRACT

Macrophages are one of the components of the non-specific immune system that play an important role in the process of phagocytosis against foreign particles. Jamaica vervain leaves (*Stachytarpheta jamaicensis*) are known to contain bioactive compounds with potential as natural immunomodulators to enhance immune system activity. This study aimed to determine the effect of jamaica vervain leaf extract on the activity and phagocytic capacity of peritoneal macrophage cells in vitro. The research design used a Completely Randomized Design (CRD) with four treatments and three replications. Macrophage cells were isolated from the peritoneal cavity of male Balb/c mice aged 6-8 weeks, then cultured using RPMI medium with 10% FBS, and treated with different concentrations. The treatments included K (control), and jamaica vervain leaf extract with varying concentrations: P1 (50 µg/ml), P2 (100 µg/ml), and P3 (150 µg/ml), which were added to the culture medium and incubated for 24 hours in a 5% CO₂ incubator at 37°C. The observed parameters were the activity and phagocytic capacity of macrophage cells using 3 µm diameter latex beads as a model of foreign particles, and the data were analyzed using One-Way ANOVA followed by Duncan's test. The results showed that administration of pecut kuda leaf extract affected the activity and phagocytic capacity of mouse peritoneal macrophage cells. The highest phagocytic activity was obtained in the P3 treatment (150 µg/ml) at 81.17%, while the highest phagocytic capacity was found in the P2 treatment (100 µg/ml) at 5.02 latex/cell. Therefore, it can be concluded that administration of jamaica vervain leaf extract (*Stachytarpheta jamaicensis*) has potential as a natural immunomodulator by increasing the activity and phagocytic capacity of peritoneal macrophage cells.

Keywords: immunomodulator, peritoneal macrophages, phagocytic activity, phagocytic capacity, *Stachytarpheta jamaicensis*.

أثر مستخرجة لأوراق نبات جامايكي الفيرفي (*Stachytarpheta jamaicensis*)

على نشاط وقدرة البلعمة لخلايا البلاعم البريتونية في المختبر

حلية جزيلة السعادة، خليفة خليل، ديديك وحيودي

برنامج دراسة علم الأحياء، كلية العلوم والتكنولوجيا

جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج

الملخص

البلاعم هي إحدى مكونات الجهاز المناعي غير المحدد التي تلعب دوراً مهماً في عملية الالتقام الجزيئي للجسيمات الغريبة. من المعروف أن نبات جامايكي الفيرفي (*Stachytarpheta jamaicensis*) يحتوي على مركبات نشطة حيويًا قد تكون منظمات مناعية طبيعية لتعزيز نشاط الجهاز المناعي. تهدف هذه الدراسة إلى معرفة أثر مستخرجة أوراق نبات لوزية جامايكا على نشاط وقدرة البلعمة لخلايا البلاعم البريتونية في المختبر. استخدم تصميم هذه الدراسة التصميم العشوائي الكامل (RAL) مع أربع معاملات وثلاث تكرارات. تم عزل خلايا البلاعم من التجويف البطني للفئران Balb/c الذكور التي تتراوح أعمارها بين 6-8 أسابيع، ثم تمت زراعتها باستخدام وسيطة RPMI مع 10٪ من مصل الجنين البقري، وبعد ذلك تمت معالجتها بتركيزات مختلفة. كانت المعاملات المستخدمة هي K (التحكم)، ومستخرجة من أوراق نبات جامايكي الفيرفي بتركيزات 1 (50 ميكروغرام/مل)، 2 (100 ميكروغرام/مل)، و3 (150 ميكروغرام/مل) التي أُضيفت إلى وسيطة الزرع ثم حُضنت لمدة 24 ساعة في حاضنة CO₂ بنسبة 5٪ عند درجة حرارة 37 درجة مئوية. المتغيرات التي تم ملاحظتها هي نشاط وقدرة البلعمة لخلايا البلاعم الكبيرة التي استخدمت خزرات اللاتكس بقطر 3 ميكرومتر كنموذج للجسيمات الغريبة، ثم تم تحليل البيانات باستخدام اختبار ANOVA أحادي الاتجاه وتبعاً له اختبار دونكان (*Duncan*). أظهرت نتائج الدراسة أن إعطاء مستخرجة أوراق جامايكي الفيرفي يؤثر على نشاط وقدرة البلعمة لخلايا البلاعم البريتونية للفئران. تم الحصول على أعلى نشاط للبلعمة في المعالجة P3 (150 ميكروغرام/مل) بنسبة 81.17٪، بينما تم الحصول على أعلى قيمة لقدرة البلعمة في المعالجة P2 (100 ميكروغرام/مل) بمقدار 5.02 خزرات لاتكس/خلية. لذلك، يمكن الاستنتاج أن إعطاء مستخرجة أوراق نبات جامايكي الفيرفي (*Stachytarpheta jamaicensis*) لديه القدرة على أن يكون منظم مناعي طبيعي من خلال زيادة نشاط وقدرة البلعمة لخلايا البلاعم البريتونية.

الكلمات المفتاحية: جامايكي الفيرفي ، خلايا البلاعم البريتونية، قدرة بلعمة، معدل مناعي، نشاط بلعمة

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah wa Syukrulillah senantiasa terpanjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rohmat dan hidayah-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Ekstrak Daun Pecut Kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*) Terhadap Aktivitas dan Kapasitas Fagositosis Sel Makrofag Peritoneum Secara In Vitro”. Tidak lupa shalawat dan salam disampaikan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW. yang telah menegakkan diinul Islam yang terpatri hingga akhirul zaman.

Berkat bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak maka penulis mengucapkan terimakasih banyak kepada:

1. Prof. Dr. Hj. Ilfi Nurdiana, M. Si., CAHRM., CRMP selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Agus Mulyono, S.Pd., M. Kes. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Prof. Dr. Retno Susilowati, M.Si selaku Ketua Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Kholifah Holil, M.Si. dan Didik Wahyudi, M.Si selaku Pembimbing I dan II, yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran dan keikhlasan dalam meluangkan waktu untuk membimbing.
5. Ruri Siti Resmisari, M. Si selaku dosen wali yang telah membimbing dan memberikan masukan sehingga dapat menyelesaikan studi dengan baik.
6. Seluruh dosen dan laboran di Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah membimbing penulis melakukan penelitian di laboratorium.
7. Kedua orang tua yang telah memberikan do’a dan dukungan, serta motivasi kepada penulis
8. Teman-teman seperjuangan Biologi dan teman-teman seperjuangan di laboratorium kultur jaringan hewan.

Penulis berharap laporan ini dapat memberikan manfaat bagi diri penulis sendiri maupun para pembacanya. Penulisan laporan ini masih jauh dari kata sempurna sehingga saran dan kritik yang membangun sangat dibutuhkan penulis untuk perbaikan dalam menulis laporan di kemudian hari.

Malang, 11 Juni 2026

Chilya Jazilah As-saadah

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
MOTTO	v
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vi
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
المخلص	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	8
1.3 Tujuan	8
1.4 Hipotesis	8
1.5 Manfaat	8
1.6 Batasan Masalah	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Simplisia Daun Pecut Kuda (<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>) yang Diperoleh dari UPT Materia Medica Batu	10
2.1.1 Klasifikasi pecut kuda (<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>).....	11
2.1.2 Kandungan fitokimia dan manfaat pecut kuda (<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>) ..	11
2.2 Sistem Imun, Inflamasi, dan Imunomodulator	16
2.2.1 Sistem imun	16

2.2.2 Inflamasi	20
2.2.3 Imunomodulator	21
2.3 Makrofag dan Aktivitas Fagositosis	23
2.3.1 Sel makrofag.....	23
2.3.2 Makrofag peritoneum mencit	25
2.3.3 Identifikasi Makrofag Rongga Peritoneum Mencit	27
2.3.4 Aktivitas dan kapasitas fagositosis makrofag peritoneum mencit.....	28
2.3.5 <i>Latex beads</i> sebagai partikel model	30
2.4 Mekanisme Flavonoid Terhadap Makrofag	30
2.5 Ekstraksi Daun Pecut Kuda (<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>)	31
BAB III METODE PENELITIAN	34
3.1 Rancangan Penelitian	34
3.2 Waktu dan Tempat.....	34
3.3 Variabel Penelitian	34
3.4 Alat dan Bahan	35
3.4.1 Alat	35
3.4.2 Bahan	35
3.5 Prosedur Penelitian	36
3.5.1 Preparasi Ruang.....	36
3.5.2 Preparasi Alat	36
3.5.3 Pembuatan Ekstrak Daun Pecut Kuda (<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>)	37
3.5.4 Pembuatan Media Stok RPMI 1640	37
3.5.5 Isolasi Sel Makrofag Peritoneal.....	38
3.5.6 Kultur Sel Makrofag Peritoneal.....	38
3.5.7 Uji Fagositosis Menggunakan <i>Latex Beads</i>	39
3.5.8 Pengamatan dan Pengambilan Data	40
3.5.9 Analisis Data.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Kandungan Senyawa Bioaktif Ekstrak Daun Pecut Kuda (<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>)	Error! Bookmark not defined.
4.2 Identifikasi Sel Makrofag Peritoneum Mencit	41

4.3 Pengaruh Ekstrak Daun Pecut Kuda (<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>) Terhadap Aktivitas Fagositosis Sel Makrofag Peritoneum.....	45
4.4 Pengaruh Ekstrak Daun Pecut Kuda (<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>) Terhadap Kapasitas Fagositosis Sel Makrofag Peritoneum.....	49
BAB V PENUTUP.....	57
5.1 Simpulan.....	57
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	58
LAMPIRAN.....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Daun Pecut Kuda.....	10
Gambar 2. 2 Jalur inflamasi utama yang ditargetkan oleh flavonoid	15
Gambar 2. 3 Sel Makrofag Peritoneum Mencit	26
Gambar 2. 4 Fagositosis Makrofag.	29
Gambar 4. 1 Gambaran sel makrofag peritoneum pada uji fagositosis latex beads di bawah mikroskop inverted dengan perbesaran 200x.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Kandungan senyawa bioaktif ekstrak daun pecut kuda (<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>)	43
Tabel 4. 2 Hasil rerata pengaruh ekstrak daun pecut kuda terhadap aktivitas fagositosis sel makrofag peritoneum mencit	45
Tabel 4. 3 Hasil uji lanjut Duncan ($\alpha = 0.05$) pengaruh ekstrak terhadap aktivitas fagositosis sel makrofag peritoneum	47
Tabel 4.4 Rerata pengaruh ekstrak daun pecut kuda (<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>) terhadap kapasitas fagositosis sel makrofag peritoneum.....	50
Tabel 4. 5 Hasil uji lanjut Duncan ($\alpha = 0.05$) pengaruh ekstrak daun pecut kuda terhadap kapasitas fagositosis sel makrofag peritoneum.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Tabel Rekapitulasi Data Perhitungan Aktivitas dan Kapasitas Fagositosis Sel Makrofag Peritoneum Mencit	64
Lampiran 2.	Tabel Hasil Rata-rata Aktivitas Fagositosis Sel Makrofag Peritoneum Mencit.....	65
Lampiran 3.	Tabel Hasil Rata-rata Kapasitas Fagositosis Sel Makrofag Peritoneum Mencit.....	65
Lampiran 4.	Hasil Statistika Aktivitas dan Kapasitas Fagositosis Sel Makrofag Peritoneum Mencit	65
Lampiran 5.	Hasil Uji Laboratorium Senyawa Bioaktif Ekstrak Daun Pecut Kuda	68
Lampiran 6.	Determinasi Tanaman Pecut Kuda	75
Lampiran 7.	Jurnal Bimbingan	76
Lampiran 8.	Form Cek Plagiasi.....	78

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Inflamasi merupakan salah satu mekanisme pertahanan tubuh sebagai respon biologis dari sistem imun terhadap kerusakan jaringan. Respon ini dapat dipicu oleh agen infeksius maupun non-infeksius dan berfungsi untuk melawan atau menghancurkan penyebab peradangan sekaligus memulihkan jaringan yang rusak (Husna, dkk., 2021). Salah satu bentuk inflamasi yang masih menjadi penyebab utama tingginya angka kematian di negara-negara berkembang, termasuk Indonesia adalah penyakit infeksi. Menurut *World Health Organization* (WHO), jumlah kematian akibat penyakit infeksi diperkirakan akan meningkat hingga mencapai 16,5 juta kasus pada tahun 2030. Salah satu faktor yang menyebabkan tingginya kasus ini adalah infeksi yang disebabkan oleh bakteri, virus, protozoa, parasit, dan iritan yang ada di lingkungan kita (Ifaya, 2025). Penyakit infeksi apabila tidak terkontrol dapat menyebabkan patofisiologis dari berbagai macam penyakit kronis, seperti asma, radang usus, aterosklerosis, kanker, diabetes, kardiovaskular, penyakit neurogeneratif, penyakit Alzheimer, dan penyakit lainnya (El-Shitany *et.al.*, 2015). Kondisi tersebut menjadi alasan utama pentingnya sistem imun sebagai mekanisme pertahanan tubuh dalam mengenali, menetralsir, dan menghancurkan patogen agar tidak berpotensi bahaya (Ilyas, dkk., 2020).

Sistem imun yang berperan sebagai pertahanan pertama terhadap mikroorganisme atau benda asing yang masuk ke dalam tubuh adalah sistem imun non spesifik. Salah satu cara yang dilakukan sistem imun non-spesifik untuk

mempertahankan diri dari masuknya antigen adalah dengan menghancurkan antigen melalui proses fagositosis. Proses fagositosis yang efektif sejak awal invasi mikroorganisme akan mampu mencegah timbulnya penyakit (Wahyuni, dkk., 2019).

Fagositosis adalah proses memakan dan menghancurkan partikel asing atau sel yang telah rusak untuk menghilangkan patogen (Jatmiko, 2022). Sistem imun yang mampu melakukan proses fagositosis, salah satunya adalah makrofag. Makrofag merupakan sel fagosit yang berasal dari sel monosit yang sudah dewasa dan berukuran sekitar 10-30mm, serta termasuk sel berumur panjang (Aldi, dkk., 2015). Makrofag jaringan dapat berasal dari diferensiasi monosit setelah meninggalkan sirkulasi dan masuk ke jaringan. Sumber yang sesuai untuk memperoleh makrofag residen adalah rongga peritoneum, karena pada bagian tersebut sel makrofag belum mengalami manipulasi (Susanti, dkk., 2015) sehingga dapat ditingkatkan aktivitasnya dengan zat-zat yang bersifat imunomodulator (Ilyas, dkk., 2020).

Beberapa obat yang memiliki peran sebagai imunomodulator diketahui dapat membantu mengembalikan keseimbangan sistem imun. Obat-obat tersebut diantaranya adalah dari golongan antiinflamasi nonsteroid, imunosupresan, dan imunostimulan. Namun demikian pada sisi lain, obat-obat tersebut memiliki efek samping yang tidak diinginkan, harus diimpor dari luar negeri, dan harganya mahal. Hal tersebutlah yang menjadi pertimbangan penggunaan obat sintesis untuk beralih ke pengobatan herbal agar faktor harga dapat ditekan dan meminimalisir efek samping yang tidak diinginkan (Malik, dkk., 2022). Oleh karena itu, pengembangan obat berbasis herbal menjadi alternatif pengobatan yang lebih aman, terjangkau, dan potensial.

Allah SWT menunjukkan kebesaran-Nya melalui tumbuh-tumbuhan yang memiliki banyak manfaat bagi kehidupan manusia. Sebagaimana firman Allah dalam Q.S As-Syu'ara ayat 7-9 yang berbunyi:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿٧﴾ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً وَمَا كَانَ أَكْثَرُهُمْ مُؤْمِنِينَ ﴿٨﴾ وَإِنَّ رَبَّكَ لَهُوَ الْعَزِيزُ الرَّحِيمُ ﴿٩﴾

Artinya:” Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik? Sunggu, pada yang demikian itu terdapat tanda (kebesaran Allah), tetapi kebanyakan mereka tidak beriman. Dan sungguh, Tuhanmu Dialah Yang Maha Perkasa, Maha Penyayang. ” (Q.S. As-Syu'ara:7-9)

Menurut Shihab (2002) dalam *Tafsir Al-Misbah* menjelaskan bahwa ayat ini turun karena kaum musyrikin yang enggan percaya, bahkan memperolok-olok ayat Allah. Sifat enggan tersebut disebabkan karena kaum musyrikin yang keras kepala sehingga keadaanya dipertanyakan, adakah yang tetap mempertahankan kekufuran tersebut meskipun sudah diperlihatkan bukti kekuasaan-Nya atau enggan memperhatikan gugusan bintang di langit dan tidak melihat bumi yang telah Allah tumbuhkan berbagai macam jenis tumbuhan yang tumbuh subur dan bermanfaat. Dengan demikian, pada kata *أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ* mengandung makna ajakan kepada manusia untuk mengarahkan pandangannya sejauh kemampuan yang dimiliki, mencakup hamparan bumi, serta tanah, tumbuhan, dan berbagai keajaiban yang terdapat di dalamnya. Hal tersebut menunjukkan adanya Pencipta Yang Maha Esa yang berkuasa menghidupkan dan membangkitkan siapa saja yang telah mati. Salah satu bukti kebesaran Allah yang telah diperlihatkan adalah dengan menumbuhkan tanaman yang baik (كَرِيمٍ), yaitu tanaman yang dapat tumbuh subur dan bermanfaat.

Menurut Thabari dalam *kitabTafsir At-Thabari* (923 M) yang ditahqiq oleh Bakri, dkk. (2007) menjelaskan bahwa, maksud dari *مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ* menunjukkan betapa banyaknya jenis tumbuh-tumbuhan baik yang Allah tumbuhkan, dimana yang tadinya bumi yang mati tidak ada tumbuhan yang tumbuh. Kata *الْكَرِيمِ* dalam konteks ini dimaknai sebagai sesuatu yang “baik”. Para ahli takwil yang dikemukakan oleh Muhammad bin Amru menegaskan bahwa maksud dari Allah menumbuhkan beraneka macam tumbuh-tumbuhan yang baik adalah tumbuhan bumi yang dapat dimakan oleh manusia dan hewan ternak. Sementara itu, Lajnah (2010) dalam *Tafsir ‘Ilmi* juga dijelaskan bahwa Allah telah menciptakan tumbuhan di alam raya dengan berbagai jenis yang berguna. Pada ayat tersebut menegaskan keberadaan berbagai jenis tumbuhan yang tidak hanya berfungsi sebagai makanan, tetapi juga bermanfaat sebagai zat kimia alami, bahan baku industri, serta sebagai bahan dasar dalam pembuatan obat-obatan. Menurut As-Shiddieqy (2000) pada Tafsir An-Nur mempertegaskan bahwa penciptaan tumbuhan tersebut terdapat tanda kebesaran Allah yang wajib kita imani. Namun, kebanyakan manusia tidak mau beriman dan terus menerus dalam kekafiran dan kesesatan. Pada ayat *وَإِنَّ رَبَّكَ لَهُوَ الْعَزِيزُ الرَّحِيمُ* juga menegaskan adanya peringatan bahwa kelak Allah akan memberikan balasan kepada orang yang mendustakan dan mempersekutukan Allah. Akan tetapi, Allah juga mempunyai rahmat yang luas bagi orang yang bertobat dari kekafiran dan kemaksiatan.

Sejalan dengan penjelasan tafsir tersebut, perkembangan ilmu pengetahuan modern telah membuktikan bahwa tumbuhan memang mengandung senyawa bioaktif yang berperan bagi kesehatan, seperti flavonoid, saponin, tanin, dan triterpenoid, yang memiliki potensi sebagai imunomodulator alami. Salah satu bahan alam yang

berpotensi adalah daun pecut kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*). Tanaman pecut kuda adalah salah satu tanaman liar yang mudah tumbuh dimana saja (Octavia, dkk., 2023). Secara tradisional, daun pecut kuda digunakan untuk mengatasi batuk, pilek, alergi, demam, dan berbagai penyakit lain yang berkaitan dengan aktivitas antioksidan, antibakteri, dan antiinflamasi (Sofya, dkk., 2024). Penelitian Octasari, dkk (2021), menunjukkan bahwa daun pecut kuda berpotensi sebagai alternatif obat imunomodulator karena kandungan fenolik dan flavonoidnya lebih tinggi dibandingkan dengan bagian batang. Selain itu, hasil skrining fitokimia yang telah dilakukan oleh Rante, dkk., (2020) juga mengungkapkan bahwa daun pecut kuda mengandung flavonoid, alkaloid, tanin, saponin, dan triterpenoid, dimana senyawa tersebut diketahui berperan dalam aktivitas antiinflamasi.

Penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh Utami (2019) melaporkan bahwa ekstrak daun pecut kuda berpotensi sebagai obat alami antiinflamasi terhadap penyembuhan luka pada punggung mencit (*Mus musculus*), dengan konsentrasi 5% di hari ke-12. Selain itu, Rahmawati, dkk. (2020) juga membuktikan bahwa daun pecut kuda memiliki potensi sebagai antiinflamasi karena memiliki flavonoid. Flavonoid tersebut bekerja untuk mengurangi terjadinya luka sayat pada mencit dengan konsentrasi optimal 75%. Penelitian yang dilakukan oleh Munawaroh dkk. (2018) bahwa flavonoid terbukti mampu memodulasi makrofag yang terkait dengan inflamasi. Selain itu, flavonoid memiliki sifat imunoregulasi kuat yang memiliki korelasi dengan kapasitas fagositosis. Beberapa hasil penelitian terdahulu membuktikan bahwa daun pecut kuda dapat digunakan sebagai imunomodulator alami karena kandungan

flavonoidnya yang tinggi dan senyawa lainnya, seperti alkaloid, tanin, saponin, triterpenoid yang berperan juga sebagai antiinflamasi.

Berdasarkan kandungan bioaktifnya, daun pecut kuda yang ekstraksi menggunakan etanol 70% diduga mampu meningkatkan aktivitas fagositosis sel makrofag. Senyawa flavonoid yang terkandung dalam daun pecut kuda menurut Wahyuni, dkk. (2019) menyatakan bahwa senyawa flavonoid terbukti dapat meningkatkan IL-2 yang merupakan sitokin proinflamasi, dan proliferasi limfosit. Sitokin dan proliferasi limfosit tersebut dapat berpengaruh pada sel CD4⁺ yang mempengaruhi sel Th₁ teraktivasi. Sel Th₁ yang sudah teraktivasi akan mempengaruhi *Specific Makrofag Activating Factor* (SMAF). SMAF adalah molekul-molekul multipel, salah satunya adalah IFN- γ (Interferon- γ). IFN- γ berfungsi untuk mengaktifkan makrofag, sehingga dapat meningkatkan aktivitas fagositosis. Hal tersebut yang dapat menyebabkan makrofag dapat membunuh bakteri lebih cepat. Menurut Dewi, dkk., (2022) flavonoid dapat mengaktivasi sel NK yang berfungsi untuk merangsang produksi IFN- γ yang merupakan sitokin utama *Macrophage Activating Cytokine* (MAC) dan dapat mengaktifkan makrofag dan memacu peningkatan aktivitas fagositosis.

Kandungan senyawa aktif yang ada pada daun pecut kuda yang berpotensi sebagai antiinflamasi juga sudah diteliti di beberapa riset sebelumnya, akan tetapi pada tanaman yang lain. Penelitian yang telah dilakukan oleh Handayani, dkk. (2018) menunjukkan bahwa pada ekstrak etanol 96% daun suji yang mengandung senyawa aktif flavonoid, saponin, dan fenolat secara *in vitro* mempunyai aktivitas imunomodulator pada konsentrasi 10 $\mu\text{g/ml}$. Selain itu, penelitian yang telah dilakukan

oleh Suriyaprom et.al. (2023) menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun murbei putih (*Morus alba L.*) yang memiliki kandungan fenolik dan flavonoid mampu menekan respon inflamasi pada sel makrofag RAW264.7 yang distimulasi LPS melalui penurunan produksi nitric oxidase (NO), TNF- α , dan IL-6, serta menghambat ekspresi iNOS dan COX-2 pada tingkat m-RNA dan protein, Hal ini mengindikasikan bahwa ekstrak daun murbei berpotensi sebagai anti-inflamasi alami.

Penelitian Khairani, et.al. (2025) lebih lanjut menunjukkan bahwa pada dosis 200,300,400 mg/Kg B mampu menjadi imunomodulator dengan mempertahankan aktivitas fagositosis sel makrofag pada tikus diabetes yang diinduksi alloxan. Berdasarkan penelitian di atas, maka menunjukkan kandungan senyawa aktif yang ada pada daun pecut kuda diperkirakan memiliki potensi serupa sebagaimana telah dibuktikan pada penelitian sebelumnya, sehingga diperlukan kajian lebih lanjut untuk membuktikan adanya potensi tersebut. Pada penelitian ini, analisis kandungan senyawa bioaktif ekstrak daun pecut kuda juga dilakukan secara kuantitatif menggunakan metode ELISA untuk mengukur kadar flavonoid, fenolik, dan steroid pada berbagai konsentrasi, sehingga dapat memberikan gambaran ilmiah mengenai senyawa yang berperan dalam aktivitas imunomodulator tersebut. Perlakuan konsentrasi yang digunakan pada penelitian ini adalah 50, 100, 150 $\mu\text{g/ml}$ dengan interval 50 $\mu\text{g/ml}$. Pemilihan konsentrasi tersebut mengacu pada penelitian Handayani (2018) dengan mempertimbangkan interval konsentrasi yang sama untuk melihat pola dosis-respon antara ekstrak dengan aktivitas dan kapasitas fagositosis sel makrofag peritoneum mencit. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh ekstrak daun pecut kuda terhadap aktivitas dan kapasitas sel makrofag peritoneum mencit

secara *in vitro*. Adanya aktivitas dan kapasitas fagositosis sel makrofag menggambarkan ada atau tidaknya proses inflamasi dalam tubuh. Aktivitas fagositosis dapat dilihat dari berapa banyak sel makrofag memakan patogen (*latex beads*), sedangkan kapasitas fagositosis diukur dari jumlah *latex beads* yang termakan oleh sel makrofag. Penggunaan *latex beads* pada penelitian ini karena mampu merepresentasikan adanya patogen yang tidak menimbulkan infeksi (Putra, 2014).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh ekstrak daun pecut kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*) terhadap aktivitas dan kapasitas fagositosis kultur sel makrofag peritoneum

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh ekstrak daun pecut kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*) terhadap aktivitas dan kapasitas fagositosis kultur sel makrofag peritoneum.

1.4 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. Ekstrak daun pecut kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*) berpengaruh terhadap aktivitas dan kapasitas fagositosis sel makrofag peritoneum secara *in vitro*.

1.5 Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Untuk memberikan informasi tentang pengaruh ekstrak daun pecut kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*) terhadap aktivitas dan kapasitas fagositosis sel makrofag peritoneum mencit secara *in vitro*.

2. Untuk memberikan alternatif pengembangan produk herbal untuk mengatasi beberapa penyakit terkait pemanfaatan daun pecut kuda sebagai imunomodulator.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Serbuk simplisia daun pecut kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*) didapatkan dari UPT Laboratorium Herbal Materia Medica Batu, kemudian diekstraksi menggunakan etanol 70% dengan metode ekstraksi maserasi
2. Sampel sel makrofag yang digunakan adalah sel makrofag yang berasal dari cairan rongga peritoneal mencit jantan Balb/C berumur 6-8 minggu dengan berat 20 gram, dikultur selama 24 jam menggunakan media RPMI 1640 (*with L-Glutamine without glucose and sodium bicarbonate*) yang ditambah serum FBS sebanyak 10%
3. Konsentrasi ekstrak daun pecut kuda yang dipaparkan pada sel makrofag yang ditumbuhkan pada media RPMI 1640 dengan FBS 10% adalah konsentrasi 50, 100 dan 150 µg/ml. Sedangkan, parameter yang diamati adalah aktivitas fagosit dan kapasitas fagosit sel makrofag
4. Pengamatan ini hanya dibatasi pada aktivitas fagosit dan kapasitas fagosit sel makrofag

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Simplisia Daun Pecut Kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*) yang Diperoleh dari UPT Materia Medica Batu

Simplisia daun pecut kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*) yang diperoleh dari UPT Materia Medica Batu, Jawa Timur merupakan bahan alam yang telah mengalami proses pengeringan dan digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan ekstrak untuk penelitian maupun pengobatan tradisional. Penggunaan simplisia bertujuan untuk menjaga kestabilan bahan serta mempertahankan kandungan senyawa aktif yang terdapat di dalamnya. Berdasarkan surat keterangan determinasi (Lampiran 6), tanaman tersebut termasuk ke dalam famili Verbenaceae, genus *Stachytarpheta*, dan spesies *Stachytarpheta jamaicensis* (L.) Vahl. Tanaman ini dikenal dengan beberapa nama. Daerah, antara lain pecut kuda, jarong (Sunda), biron, karomenal, sekar laru, dan ngadirenggo (Jawa).



Gambar 2.1 Daun Pecut Kuda (Basrudin, dkk., 2024)

Tanaman pecut kuda merupakan tumbuhan terna tahunan yang tumbuh tegak dengan tinggi sekitar 20-90 cm (Gambar 2.1). Daunnya merupakan daun tunggal yang tersusun berhadapan, berbentuk bulat telur, memiliki tepi bergerigi, ujung runcing,

serta permukaan daun yang berlekuk-lekuk. Bunganya tersusun dalam bulir memanjang menyerupai pecut dan umumnya berwarna ungu. Buahnya berbentuk garis dan berisi dua biji berbentuk jarum (Van, 2008).

2.1.1 Klasifikasi pecut kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*)

Klasifikasi Tanaman pecut kuda menurut Zapino (2022) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Divisi: : Magnoliophyta
 Kelas: : Magnoliopsida
 Ordo: : Lamiales
 Famili: : Verbenaceae
 Genus: : *Stachytarpheta*
 Spesies: : *Stachytarpheta jamaicensis*

2.1.2 Kandungan fitokimia dan manfaat pecut kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*)

Tanaman pecut kuda diketahui mengandung berbagai senyawa metabolit sekunder yang berperan penting dalam aktivitas biologisnya. Hasil uji skrining fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak dari daun tanaman ini mengandung senyawa flavonoid, saponin, tanin, dan steroid. Kandungan senyawa tersebut yang mendukung pemanfaatan pecut kuda sebagai tanaman obat tradisional untuk mengatasi berbagai gangguan kesehatan. Pecut kuda yang diteliti juga menunjukkan bahwa senyawa aktif yang ada di daun pecut kuda memiliki pengaruh terhadap penyembuhan luka terbuka pada punggung mecit (Utami, dkk., 2019).

Flavonoid merupakan satu metabolit sekunder yang terdapat pada tanaman pecut kuda. Senyawa tersebut memiliki beberapa efek bioaktif yang digunakan sebaga

anti-virus, anti-inflamasi, anti-diabetes, dan antioksidan. Flavonoid termasuk golongan berasal dari polifenol yang secara kimiawi memiliki 15 atom karbon dengan konfigurasi C₆-C₃-C₆, yaitu dua gugus C₆ berupa cincin benzena tersubstitusi yang dihubungkan oleh rantai alifatik tiga karbon (C₃). Struktur ini menjadi dasar bagi berbagai turunan flavonoid seperti flavon, flavonol, flavanon, dan antosianin. Flavonoid banyak ditemukan pada jaringan tanaman yang berperan dalam pembentukan pigmen warna kuning, merah, oranye, biru, dan warna ungu. Selain itu, senyawa ini bersifat polar dan dapat larut dalam air karena memiliki banyak gugus hidroksil pada struktur kimianya (Arifin & Ibrahim, 2018).

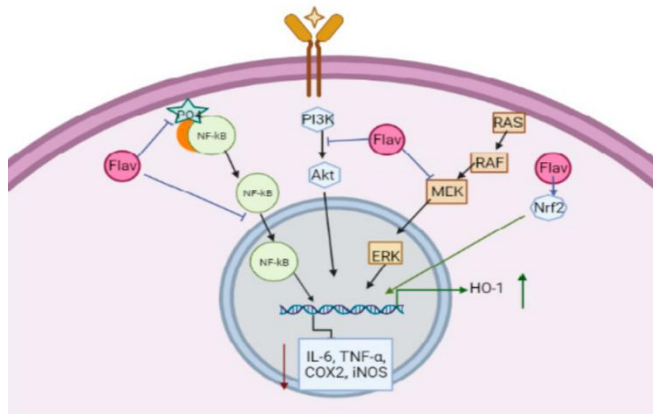
Saponin merupakan jenis glikosida alami yang paling banyak ditemukan pada berbagai tumbuhan. Secara kimiawi, saponin termasuk golongan senyawa dengan massa molekul besar yang terdiri atas bagian aglikon (sapogenin) yang dapat berupa steroid atau triterpenoid dengan satu atau lebih rantai gula yang terikat padanya. Berdasarkan struktur kimianya, saponin dapat dibedakan menjadi dua tipe, yaitu saponin steroid yang memiliki 27 atom C dan triterpenoid dengan 30 atom C. Meskipun secara umum saponin banyak ditemukan pada bagian akar tanaman, beberapa penelitian juga melaporkan keberadaannya pada bagian daun dengan kadar berkisar 1,5-23%. Senyawa ini dikenal berbagai aktivitas biologis, antara lain sebagai antioksidan, antiinflamasi, analgesik, anti fungi, dan sitotoksik. Saponin memiliki sifat fitokimia khas, yaitu larut dalam air, tidak larut dalam eter, dan mudah rusak oleh panas. Kandungan saponin dalam pecut kuda berkontribusi terhadap efek terapeutik, sehingga mendukung penggunaannya sebagai bahan dasar imunomodulator (Gunanawan, 2018).

Tanin adalah salah satu senyawa metabolit sekunder yang banyak ditemukan dan disintesis oleh tanaman. Senyawa ini memiliki berat molekul 500-3000 dan mengandung gugus hidroksi fenolik, yang memungkinkan membentuk ikatan silang dengan berbagai molekul lain, seperti protein, polisakarida, asam amino, asam lemak, dan asam nukleat. Berdasarkan sifat kimianya, tanin dibedakan menjadi dua kelompok utama, yaitu tanin terhidrolisis dan tanin terkondensasi. Tanin terhidrolisis merupakan polimer asam galat dan asam alekat yang berikatan ester dengan molekul gula, sedangkan tanin terkondensasi terdiri atas polimer senyawa flavonoid yang berikatan karbon-karbon, umumnya berupa catechin dan gallo catechin. Sifat khas tanin adalah kemampuannya untuk berinteraksi dengan protein melalui tiga jenis bentuk ikatan, yaitu ikatan hidrogen, ikatan ion, dan ikatan kovalen (Hidayah, 2016).

Tanaman pecut kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*) merupakan tanaman liar yang banyak dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional. Salah satu pemanfaatannya adalah untuk membantu mengatasi gangguan autoimun, seperti rheumatoid arthritis, yang berikatan dengan proses inflamasi kronis. Aktivitas farmakologis tanaman ini diduga kuat berasal dari kandungan flavonoid yang cukup tinggi. Flavonoid merupakan senyawa bioaktif yang memiliki kemampuan sebagai imunomodulator, yaitu senyawa yang dapat menstimulasi atau menekan respons sistem imun agar tetap seimbang. Efek imunomodulator flavonoid dalam pecut kuda dapat bekerja pada sistem imun spesifik maupun non-spesifik. Selain itu, flavonoid juga dapat mempengaruhi produksi mediator proinflamasi sehingga mampu mengendalikan respon inflamasi berlebihan (Abdurahman, dkk., 2021).

Aktivitas imunomodulator flavonoid berkaitan erat dengan kemampuan dalam mengatur respon imun tubuh selama proses inflamasi. Inflamasi merupakan reaksi pertahanan tubuh terhadap rangsangan asing seperti mikroorganisme atau senyawa kimia yang dikenali oleh sel imun, terutama makrofag dan limfosit. Pada kondisi normal, aktivitas sistem imun melalui jalur reseptor seperti Toll-like receptor (TLR) akan memicu aktivitas beberapa jalur pensinyalan utama, diantaranya mitogen-activated protein kinase MAPK dan nuclear factor kappa-light chain enhancer of activated B cells ($NF-\kappa B$). Aktivitas kedua jalur tersebut menyebabkan peningkatan produksi sitokin proinflamasi seperti IL-1 β , IL-6, TNF- α , serta enzim COX-2 dan iNOS yang berperan dalam pembentukan mediator inflamasi (Al-Khayri, et al., 2022).

Flavonoid pada tanaman juga berperan untuk menekan respon inflamasi dengan menghambat aktivitas jalur MAPK dan $NF-\kappa B$ (**Gambar 2.2**), sehingga menurunkan ekspresi sitokin proinflamasi dan enzim proinflamasi. Selain itu, beberapa flavonoid seperti quercetin, kaempferol, apigenin, luteolin, dan genistein diketahui juga mampu mengaktivasi jalur PI3K/Akt-Nrf/ HO-1, yang berperan dalam peningkatan pertahanan antioksidan dan penurunan stress oksidatif. Jalur ini menghasilkan enzim heme oxygenase-1 (HO-1) yang bersifat antioksidan dan antiinflamasi, membantu menetralkan radikal bebas serta melindungi sel dari kerusakan akibat peradangan berlebih. Selain sebagai pengatur respon imun nonspesifik, flavonoid juga dapat memodulasi respon imun spesifik melalui pengaruhnya terhadap aktivitas limfosit T dan sel makrofag. Studi in vitro menunjukkan bahwa flavonoid memiliki potensi besar sebagai agen imunomodulator alami yang dapat membantu menyeimbangkan sistem imun tubuh dalam kondisi inflamasi kronik (Al-Khayri, et al., 2022).



Gambar 2.2 Jalur inflamasi utama yang ditargetkan oleh flavonoid

Penggunaan imunomodulator sebagai upaya menjaga dan meningkatkan sistem kekebalan tubuh tidak lepas dari prinsip bahwa kesembuhan hakikatnya berasal dari Allah SWT. Hal ini dalam firman Allah swt. dalam Al-Quran Surah Asy-Syu'ara ayat 80 yang berbunyi:

وَإِذَا مَرَضْتُ فَهُوَ يَشْفِينِي

Artinya: “Dan apabila aku sakit, maka hanya Dia Yang menyembuhkan aku” (Q.S. Asy-Syu'ara: 80).

Menurut Shihab (2002) dalam *Tafsir AL-Misbah* وَإِذَا مَرَضْتُ mengandung makna bahwa sakit, baik fisik ataupun mental merupakan suatu kemungkinan yang dapat menimpa manusia, namun tetap kesembuhan berasal dari Allah. Nabi Ibrahim as. menggunakan redaksi “apabila aku sakit” dengan menyandarkan kata sakit kepada dirinya sendiri bukan kepada Allah. Sebaliknya, kata “menyembuhkan” disandarkan langsung kepada Allah, karena kesembuhan merupakan anugerah nikmat yang wajar disandarkan kepada Allah. Meskipun kesembuhan berasal dari Allah, bukan berarti manusia tidak berusaha untuk menyari kesembuhan dengan berobat dan mengikuti

saran dokter. Menurut *Tafsir Al-Qurthubi* menyebutkan bahwa kata مَرَضْتُ “aku sakit” demi menjaga sopan santun maka tidak disandarkan kepada Allah. Hal ini bukan berarti Allah tidak memiliki kuasa atas penyakit, sebab pada hakikatnya sakit maupun kesembuhan semuanya datang Allah SWT. Selaras dengan Quthb (2004) dalam *Tafsir Fi Zhilalil Quran* menjelaskan bahwasanya Nabi Ibrahim dengan sikap sopan santunnya tidak menyandarkan kata sakit kepada Allah. Padahal beliau sangat yakin bahwa sakit dan sehat terjadi atas kehendak-Nya.

Penjelasan dari mufasir yang telah dijelaskan di atas menjadi ilmu bahwasanya segala bentuk kesembuhan hakikatnya bersumber dari Allah SWT. Meskipun tanaman pecut kuda memiliki potensi yang besar sebagai imunomodulator alami yang dapat bermanfaat dalam mendukung proses penyembuhan, namun kesembuhan itu merupakan kehendak Allah dan anugerah Allah yang menjadikan tanaman sebagai perantara untuk menolong manusia.

2.2 Sistem Imun, Inflamasi, dan Imunomodulator

2.2.1 Sistem imun

Sistem imun merupakan mekanisme pertahanan tubuh yang berfungsi mencegah atau melawan bakteri, virus, dan patogen lain agar tubuh terhindar dari penyakit. Sistem ini bekerja melalui interaksi kompleks antara berbagai jenis sel dan molekul yang saling berkoordinasi untuk mempertahankan keseimbangan fisiologis tubuh. Keberadaan sistem imun yang sangat teratur mampu beradaptasi terhadap berbagai ancaman menunjukkan betapa sempurnanya tubuh manusia (Hidayat dan Syahputra, 2020).

Sebagaimana firman Allah SWT dalam Al-Quran Surah Adz-Dzariat ayat 20-21 yang berbunyi:

وَفِي الْأَرْضِ آيَاتٌ لِّلْمُؤْمِنِينَ ۖ وَفِي أَنْفُسِكُمْ أَفَلَا تُبْصِرُونَ ﴿٢٠﴾

Artinya :”Dan di bumi terdapat ayat-ayat bagi orang-orang yakin, dan pada diri kamu sendiri. Maka apakah kamu tidak melihat?” (Q.S Adz-Dzariat: 20-21).

Fokus pada ayat tersebut adalah pada diri manusia terdapat tanda-tanda kebesaran dan keesaan Allah SWT. Hal ini Menurut Shihab (2002) pada Tafsir Al-Misbah, ayat tersebut menjelaskan bahwa terdapat kekuasaan Allah yang terbentang di langit dan di bumi bagi orang-orang yakin, yakni yang mantap keyakinannya, disamping itu juga ada tanda-tanda kekuasaan Allah yang terdapat pada diri kamu sendiri, yakni manusia. Maka apakah manusia lalai sehingga tidak melihat yakni tidak memperhatikan ayat-ayat itu dengan mata kepala dan hati. Tanda kebesaran Allah yang ada di manusia, diantaranya adalah kejadian manusia yang sangat unik serta organ-organ tubuh yang tersusun secara serasi namun kompleks. Beberapa ulama memahami bahwa ayat ini menunjukkan adanya bukti jelas di bumi dan dalam diri manusia yang dapat menghantarkan kepada keyakinan bagi orang yang mau berpikir dan menggunakan akal serta kalbunya.

Menurut tafsir Al-Munir yang diterjemahkan oleh Kattani, dkk., (2013) pada kata وَفِي أَنْفُسِكُمْ terkandung makna bahwa dalam diri manusia terdapat bukti kebesaran Allah berupa kontruksi fisik, anatomi, dan hal yang menakjubkan lainnya, sedangkan pada kata أَفَلَا تُبْصِرُونَ mengandung perintah agar manusia memperhatikan dan mengambil pelajaran, serta menjadikan bukti itu sebagai petunjuk adanya Sang Pencipta dan kekuasaan-Nya. Menurut Quthb (2004) pada *Tafsir Fi Zhilalil Qur'an*,

ayat ini menegaskan bahwa kebesaran Allah SWT tercermin pada struktur tubuh manusia yang sangat menakjubkan, terutama aneka rahasia raganya, baik itu susunan dan pembagian organnya, maupun fungsinya yang serasi dan bekerja sama pada tubuh manusia serta responnya yang sempurna dan cermat. Keajaiban yang luar biasa tersebut membuat kaum intelektual bingung. Betapa banyak keajaiban jenis manusia yang terlihat mata dan indra. Perenungan terhadap makhluk yang menakjubkan ini, khususnya terhadap keajaiban yang terpendam dalam manusia sendiri, merupakan kenikmatan yang tinggi namun sering kali diabaikan dan dilupakan.

Pemahaman ayat tersebut sejalan dengan konsep ilmiah mengenai sistem imun yang menunjukkan keserasian dan kerja sama pada tubuh manusia. Secara umum, sistem imun dapat dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu sistem imun bawaan (*innate immunity*) dan sistem imun adaptif (*adaptive immunity*). Sistem imun bawaan bersifat non-spesifik, artinya dapat merespon berbagai macam patogen tanpa perlu proses pengenalan terlebih dahulu. Sebaliknya, sistem imun adaptif bersifat spesifik, karena harus mengenali patogennya dahulu, kemudian memproduksi antibodi khusus yang hanya bekerja melawan patogen tersebut (Hidayat dan Syahputra, 2020). Menurut Pratiwi (2020), sistem imun non-spesifik adalah pertahanan tubuh paling awal dalam menghadapi mikroorganisme sehingga memberikan respon langsung terhadap antigen yang diawali dari aktivitas sel-sel fagosit terutama neutrofil dan makrofag. Sedangkan, sistem imun spesifik memerlukan waktu untuk mengenali antigen. Respon sistem imun spesifik diperantarai oleh sel limfosit B atau sel limfosit T. Sel limfosit T memiliki peran untuk mengeliminasi antigen intraseluler, sedangkan sel limfosit B akan bekerja sama dengan sel fagosit untuk menurunkan patogenisitas di luar sel.

Organ sistem imun terletak di seluruh tubuh yang disebut dengan limfoid. Bagian sirkulasi khusus yang membawa cairan limfe adalah pembuluh limfe dan kelenjar limfe, bentuknya transparan yang berisi sel darah putih terutama limfosit. Kelenjar limfe berisi jala pembuluh limfe yang berfungsi sebagai media sel sistem imun dalam mempertahankan tubuh dari agen penyerang. Apabila jumlah leukosit berkurang, maka akan mempengaruhi pertahanan dari sistem imun (Priyani, 2020). Sebagian besar sistem imun dapat ditemukan di dekat saluran pencernaan untuk mencegah masuknya benda-benda asing ke dalam bagian tubuh yang lain. Defisiensi sistem imun dapat menyebabkan adanya peningkatan mikroorganisme yang tumbuh, seperti jamur di dalam saluran pencernaan sehingga meningkat pula insidensi penyakit pada tubuh. Kelemahan sistem imun atau imunodefisiensi dapat disebabkan oleh defisiensi antibodi, seperti IgA, IgG, dan IgM (Jasaputra, 2023).

Cara kerja dari sistem imun dalam mempertahankan diri terhadap masuknya antigen adalah dengan menghancurkannya melalui proses fagositosis. Proses fagositosis yang efektif dalam menghancurkan mikroorganisme dapat mencegah timbulnya suatu penyakit (Wahyuni, 2019). Apabila dalam tubuh terjadi infeksi maka akan mengakibatkan perubahan patologis dan klinis yang berakibat munculnya kekebalan khusus atau adaptif (*acquired adaptive immunity*). Respon tersebut diawali dengan adanya peningkatan sel fagosit ke arah sumber infeksi. Sel fagosit berupa neutrofil ataupun makrofag akan bergerak ke sumber rangsangan dan memfagosit benda asing yang masuk dalam tubuh (Malik, dkk., 2022).

Respon imun tubuh terhadap infeksi bakteri dipengaruhi oleh lokasi hidup bakteri, yaitu sebagai bakteri ekstraseluler atau intraseluler. Bakteri ekstraseluler

berkembang biak di luar sel inang dan dapat menimbulkan penyakit melalui induksi respons inflamasi serta produksi berbagai toksin. Pada infeksi bakteri ekstraseluler, endotoksin diketahui mampu mengaktivasi sel makrofag, sedangkan eksotoksin yang berperan dalam proses respons imun. Respon imun non-spesifik melibatkan aktivasi komplemen, opsonisasi, fagosit, dan produksi sitokin proinflamasi. Kekebalan humoral juga berperan penting melalui antibodi IgG, IgA, dan IgM yang menetralkan toksin, memfasilitasi opsonisasi, serta mengaktifkan komplemen (Dillasamola, 2023).

Bakteri intraseluler mampu bertahan hidup bahkan bereplikasi di dalam sel fagosit. Mekanisme pertahanan non-spesifik diawali dengan fagositosis oleh makrofag dan sel Natural Killer (NK). Sel NK berperan menghasilkan molekul efektor seperti *NK Cell Activating Ligand* dan interferon, serta merangsang makrofag memproduksi IL-12 untuk membatasi penyebaran infeksi. Sementara itu, respon imun spesifik melibatkan sel T yang berperan dalam eliminasi infeksi intraseluler. Selain itu komponen dinding bakteri seperti lipopolisakarida pada bakteri gram-negatif atau peptidoglikan pada gram-positif dapat mengaktifkan reseptor sel fagosit (TLR, Fc, receptor). Hal ini menstimulasi pembentukan mikrosidal, sitokin, dan protein fase akut yang memperkuat mekanisme fagositosis (Dillasamola, 2023).

2.2.2 Inflamasi

Inflamasi merupakan mekanisme pertahanan alami tubuh yang muncul ketika jaringan mengalami kerusakan sel akibat adanya rangsangan berbahaya, termasuk patogen dan zat-zat beracun. Apabila hal tersebut terjadi, maka tubuh akan merespon dengan memobilisasi sel imun dan substansi proinflamasi, meliputi kemokin dan sitokin yang bekerja untuk proses penyembuhan (Abdulkhaleq, et.al., 2018). Secara

umum, inflamasi dibedakan menjadi dua, yaitu inflamasi akut dan inflamasi kronik. Inflamasi akut ditandai dengan adanya aktivitas neutrofil yang berperan sebagai mediator utama dalam sel. Sementara itu, inflamasi kronis biasanya berkembang dari inflamasi akut yang dicirikan dengan adanya infiltrasi oleh sel monokuler, seperti makrofag, limfosit, dan sel plasma (Rosida, 2014).

Salah satu mekanisme tersebut adalah respon inflamasi yang terjadi ketika tubuh mengalami infeksi dan cedera jaringan. Respon ini melibatkan berbagai sel imun yang berperan penting dalam membunuh patogen, memperbaiki jaringan rusak, dan membantu mengembalikan homeostasis pada daerah yang mengalami cedera. Salah satu respon awal dari sistem imun adalah munculnya sel makrofag yang bermigrasi ke lokasi peradangan untuk memfagosit patogen, apabila gagal beregulasi maka akan mengakibatkan cedera kronis sehingga mendorong perkembangan penyakit dalam tubuh (Rahmi, 2022).

Selama proses inflamasi, makrofag juga memainkan peran dalam rekrutmen sel-sel imun lainnya ke lokasi peradangan. Ketika makrofag peritoneal teraktivasi, mereka dapat memproduksi mediator inflamasi seperti prostaglandin dan leukotrien yang dapat memproduksi mediator inflamasi seperti prostaglandin dan leukotrien yang dapat memfasilitasi migrasi sel-sel darah putih menuju daerah yang terinfeksi atau terluka (Makyah, 2016).

2.2.3 Imunomodulator

Imunomodulator merupakan senyawa atau obat yang berfungsi memodulasi sistem imun, baik dengan cara meningkatkan maupun menekan aktivitas sistem imun.

Sel target dari imunomodulator meliputi granulosit, makrofag, limfosit T dan B (Wahyuni, 2019). Konsumsi obat yang bersifat imunomodulator dapat memperkuat daya tahan tubuh, sehingga tidak mudah terserang penyakit infeksi. Selama ini, sebagian besar imunomodulator berasal dari obat sintesis atau kimia yang dalam penggunaan jangka panjang dapat menimbulkan efek samping, seperti gangguan pencernaan, pusing, demam, konstipasi, ruam kulit, dan dapat meningkatkan kadar asam urat, dan penyakit lainnya (Kotala, 2022).

Imunomodulator alami yang berasal dari tanaman herbal dianggap lebih aman dan berpotensi menjadi alternatif pengganti obat kimia. Mekanisme kerja imunomodulator tidak hanya bersifat sebagai imunostimulan, melainkan juga dapat bersifat sebagai imunosupresan. Sifat tersebut dimiliki oleh imunomodulator yang dapat memberikan keuntungan jika digunakan pada indikasi-indikasi medis tertentu. Imunomodulator bekerja dengan menstimulasi sistem pertahanan natural, misalnya yaitu dengan mengaktifkan sitokin yang akan membantu tubuh dalam memperbaiki sistem kekebalan tubuh (Megawati, 2022). Mekanisme kerja imunomodulator dapat membantu mengembalikan fungsi imun yang terganggu dan memperbaiki kinerja sistem imun secara keseluruhan (Lestari dan Susanti, 2020). Imunomodulator memiliki tiga jenis, yaitu imunostimulan sebagai peningkatan fungsi dan aktivitas sistem imun, imunoregulator yang mengatur sistem imun, dan imunosupresor yang berfungsi untuk menekan sistem imun (Listiani, 2019).

2.3 Makrofag dan Aktivitas Fagositosis

2.3.1 Sel makrofag

Makrofag merupakan salah satu komponen utama sistem imun bawaan (*innate*) yang berperan penting dalam proses fagositosis, yaitu kemampuan dalam mengidentifikasi, menelan, dan mencerna patogen maupun debris seluler. Proses tersebut sangat penting untuk menjaga homeostasis serta merespons infeksi atau kerusakan jaringan (Abdulkhaleq, 2018). Makrofag berasal dari diferensiasi monosit yang beredar di sirkulasi darah dan kemudian bermigrasi ke jaringan, dimana mereka menetap sebagai sel histiosit. Sel makrofag memiliki aktivitas fagositosis yang lebih tinggi dibandingkan dengan monosit karena memiliki granula dengan kandungan enzim hidrolitik yang mampu menghancurkan partikel asing yang tertelan. Selain itu, makrofag tidak hanya berperan dalam imunitas *innate*, tetapi juga berkontribusi dalam imunitas adaptif melalui presentasi antigen kepada sel T. Makrofag beserta neutrofil adalah garis pertahanan terhadap mikroorganisme dan memiliki peran penting dalam mengontrol infeksi bakteri (Handajani, 2015).

Pada saat terjadi infeksi, bakteri atau mikroorganisme yang menembus permukaan epitel akan segera dihadapkan dengan komponen imun bawaan. Salah satu sel yang berperan penting dalam respon ini adalah makrofag, yang bertugas melakukan fagositosis. Makrofag memiliki reseptor permukaan yang dapat mengenai serta berikatan dengan komponen dinding bakteri, sehingga memicu proses penelanan patogen dan sekresi molekul biologis aktif. Aktivasi makrofag juga mendorong pelepasan sitokin dan kemokin yang menginisiasi respon inflamasi. Selain itu, pada fase kronis, makrofag berperan sebagai Antigen Presenting Cell (APC) dengan

menyajikan fragmen antigen kepada limfosit T, sehingga menjadi penghubung antara sistem imun bawaan dan adaptif (Handajani, 2015).

Makrofag dilepaskan dari sel induk dalam sumsum tulang sebagai monosit yang belum dewasa dan dewasa di berbagai lokasi jaringan tempat tujuan spesifik dengan berbagai tujuan. Makrofag berdiferensi dengan bentuk khusus sesuai dengan jaringan yang ditempati, makrofag yang ada di usus disebut makrofag intestina, di kulit (sel dendritik atau sel Langerhans), jaringan ikat (histiosit), hati (sel Kuppfer), ginjal (sel mesangial), paru (makrofag alveolar, sel Langhans), otak (sel microglia), perut (makrofag peritoneal), dan tulang (osteoklas) (Dillasamola, 2023).

Makrofag memiliki 2 fungsi utama menurut Dillasamola (2023), yaitu:

1. Fagositosis partikel asing, termasuk mikroorganisme, makromolekul, antigen, maupun sel tubuh yang rusak atau mati (misalnya eritrosit yang tidak lagi viabel). Proses ini dimungkinkan oleh adanya reseptor khusus, seperti reseptor fosfolipid yang mengenali substansi asing. Sebagai sel efektor, makrofag menghancurkan patogen, sel ganas, dan benda asing dengan bantuan enzim lisosom, seperti hidrolase dan peroksidase yang merupakan enzim perusak.
2. Produksi sitokin, makrofag mampu memproduksi sitokin yang merekrut sel inflamasi lain, khususnya neutrofil, serta memicu berbagai respon sistemik, seperti demam.

Kultur primer yang paling sesuai untuk makrofag pada mencit adalah Resident Peritoneal Makrofag (RPM). RPM merupakan sel fagosit yang hidup secara bebas di rongga peritoneum dan jumlahnya dapat mencapai jutaan pada setiap mencit. Sel ini biasanya diperoleh melalui injeksi bahan penginduksi inflamasi steril seperti

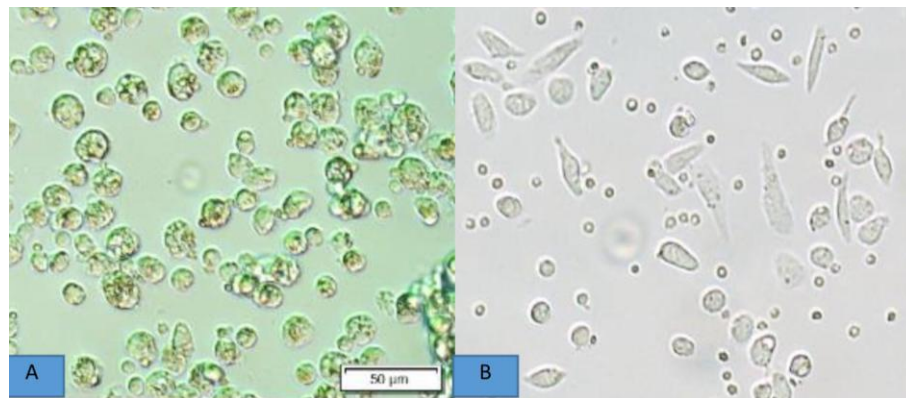
thioglycollate atau *Bio-Gel polacrylamide* ke dalam rongga peritoneum. Makrofag yang dihasilkan dengan cara ini diperkirakan lebih mature dibandingkan dengan makrofag dan monosit yang didapatkan dari darah. Dalam percobaan, makrofag dapat diaktivasi dengan induksi bahan stimulasi inflamasi, seperti *Mycobacterium bovis*, *Bacillus Calmette-Guerin* (BCG) strain Pasteur. Proses pemurnian makrofag dari cairan peritoneum dilakukan berdasarkan kemampuan makrofag untuk menempel pada permukaan kultur jaringan plastik. Mekanisme adhesi makrofag melibatkan keberadaan sejumlah reseptor, antara lain *scavenger receptor* (SR) dan reseptor komplemen tipe 3 (CR-3) (Susanti 2015).

2.3.2 Makrofag peritoneum mencit

Residen Peritoneal makrofag merupakan makrofag yang berumur panjang, yang berada dalam jaringan dan secara perkembangan dan fungsional terbatas pada rongga peritoneum (Ardavin, et al., 2023). Rongga peritoneum merupakan salah satu lokasi yang umum digunakan untuk memperoleh sel makrofag. Makrofag peritoneal memiliki peran penting dalam mengendalikan infeksi, mengatur proses inflamasi patologis, serta menjaga ketahanan sistem imun. Isolasi makrofag dari peritoneum mencit dapat dilakukan karena pada area ini jumlah makrofag relatif banyak dan mudah untuk dikoleksi. Pada mencit, total sel dalam peritoneum berkisar antara 5-10 juta sel, dengan komposisi 50-60% sel B, 30% makrofag dan 5-10% sel T. Proporsi makrofag tersebut dapat meningkat apabila rongga peritoneum disuntikkan dengan bahan yang bersifat antigenik (Digyo, dkk., 2024). Menurut Susanti (2015) resident peritoneal makrofag belum mengalami manipulasi sehingga lebih mature dibandingkan

dengan makrofag yang diambil dari darah. Hal ini menjadikan makrofag peritoneum sebagai model yang ideal untuk mengavaluasi efek immunomodulator secara in vitro.

Kultur pimer yang paling sesuai untuk makrofag pada mencit adalah RPM (*Resident Peritoneum Macrophage*). RPM merupakan sel fagosit yang hidup secara bebas di rongga peritoneum dan jumlahnya dapat mencapai jutaan pada setiap mencit. Makrofag yang digunakan dalam sel kultur memiliki ciri-ciri morfologi yang khas. Sebelum dikultur, sel makrofag yang baru dipanen dari cairan peritoneum tampak sebagai sel bulat dan tidak menempel pada substrat. Sel tersebut dalam keadaan istirahat (*resting state*) dengan inti yang besar dan sitoplasma relatif sedikit. Setelah dikultur dan diberi waktu untuk menempel pada permukaan cawan kultur selama proses inkubasi awal, makrofag akan mengalami perubahan pada bentuknya menjadi tidak beraturan dengan pseupodia yang jelas terlihat, ukurannya membesar, dan sitoplasma tampak lebih luas. Perubahan ini mencerminkan transisi dari sel resting menuju sel yang aktif secara fungsional (Gambar 2.3)



Gambar 2.3 Sel Makrofag Peritoneum Mencit: a. Sel makrofag sebelum inkubasi, b. Sel makrofag setelah inkubasi 24 jam (Susanti, 2015).

2.3.3 Identifikasi Makrofag Rongga Peritoneum Mencit

Rongga peritoneum merupakan salah satu kompartemen sistem imun yang berperan dalam mempertahankan homeostasis jaringan serta memberikan respons terhadap infeksi dan kerusakan jaringan. Isolasi sel makrofag dari rongga peritoneum mencit menghasilkan suspensi sel yang tidak hanya terdiri atas makrofag, melainkan dari campuran berbagai jenis sel imun. Sel-sel yang akan terisolasi bersama makrofag, antara lain neutrofil, eosinofil, limfosit, sel natural killer (NK), dan sel dendritik. Keberadaan sel-sel non makrofag tersebut tidak dapat dihindari pada tahap awal isolasi karena seluruh komponen seluler rongga peritoneum ikut terpanen bersama cairan lavage. Oleh karena itu, diperlukan tahapan seleksi lebih lanjut untuk memperoleh populasi sel yang didominasi oleh makrofag sebelum digunakan dalam pengujian fagositosis (Delo, *et al.*, 2023).

Makrofag peritoneum merupakan sel fagosit yang memiliki kemampuan untuk mengenali, menelan, dan mendegradasi partikel asing melalui proses fagositosis. Selain berperan dalam sistem imun bawaan, makrofag juga berfungsi sebagai *Antigen Presenting Cell* (APC) yang menghubungkan respons imun bawaan dan adaptif. Pada mencit, makrofag peritoneum diketahui terdiri atas dua subpopulasi utama, yaitu *Large Peritoneal Macrophage* (LPM) dan *Small Peritoneal Macrophage* (SPM). LPM merupakan populasi dominan pada kondisi normal dan berperan penting dalam menjaga homeostasis rongga peritoneum, sedangkan SPM lebih banyak berperan dalam respons inflamasi (Cassado, *et al.*, 2015).

Seleksi populasi sel dilakukan melalui mekanisme adhesi pada permukaan *tissue culture dish* (TC dish) selama proses inkubasi. Makrofag memiliki kemampuan

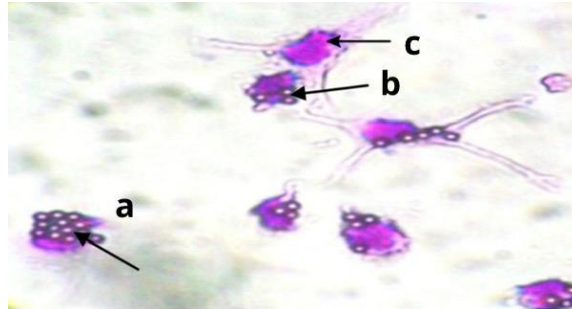
adhesi yang jauh lebih tinggi dibandingkn dengan sel imun lainnya karena ekspresi resptor permukaan yang kuat, antara lain *scavenger* receptor (SR) dan reseptor komplemen tipe 3 (CR-3), yang memfasiliasi pelekatan sel pada permukaan TC dish, sedangkan sel-sel non adheren seperti limfosit akan tetap melayang dalam media dan terbuang pada saat pencucian (Susanti dkk., 2015).

Neutrofil dan eosinofil merupakan sel imun yang paling cepat mengalami kematian dalam kondisi in vitro. Kedua jenis sel tersebut hanya mampu bertahan hidup selama 6-12 jam di dalam media kultur karena memiliki masa hidup yang sangat singkat darn bergantung pada sinyal berahan hidup dari lingkungan in vivo. Selama proses inkubasi,neutrofil dan eosinofil akan mengalami apoptosis dan menjadi sel mati. Sel-sel tersebut terbuang melalui pencucian menggunakan PBS sehingga yang tersisa adalah makrofag yang telah melekat (Zhang, *et al.*, 2008).

2.3.4 Aktivitas dan kapasitas fagositosis makrofag peritoneum mencit

Fagositosis merupakan kemampuan sel-sel imun untuk menelan dan menghancurkan patogen. Aktivitas fagositosis menunjukkan adanya efek sistem imun dalam menghancurkan patogen. Semakin tinggi aktivitas fagositosis, semakin aktif pula imun dalam melawan infeksi. Aktivitas ini dapat diukur melalui indeks aktivitas fagositosis dan kapasitas fagositosis yang mampu menggambarkan kemampuan sel fagosit, khususnya makrofag dalam menelan dan menghancurkan patogen (Muahiddah, 2023). Perbedaan antara aktivitas dan kapasitas fagositosis (**Gambar 2.4**) adalah pada aktivitas fagositosis menunjukkan jumlah sel makrofag yang aktif

memfagositosis, sedangkan pada kapasitas menunjukkan jumlah bakteri yang difagosit oleh sel makrofag (Hariyanti, dkk., 2015).



Gambar 2.4 Fagositosis Makrofag Peritoneum Mencit: (a) aktif memfagositosis patogen, (b) tidak aktif memfagosit patogen, (c) patogen sedang difagosit oleh sel makrofag (Akrom, dkk., 2015).

Proses fagosit diawali dengan pengenalan patogen atau sel yang rusak melalui reseptor permukaan sel fagosit, seperti *Pattern Recognition Receptor* (PRR), *Fc Receptor* (FcR), dan *Complement Receptor* (CR). Aktivasi reseptor tersebut memicu terbentuknya pseudopodia yang menyelubungi patogen hingga terbentuk vakuola yang disebut fagosom. Fagosom kemudian berfusi dengan lisosom sehingga terbentuk fagolisosom, yang di dalamnya terkandung enzim proteolitik untuk mencerna patogen menjadi fragmen kecil. Beberapa fragmen tersebut bisa ditangkap oleh molekul MHC II kepada sel T sebagai bagian dari respon imun adaptif. Selain itu, fagosit menghasilkan ROS (*Reactive Oxygen Species*) karena aktivasi *phagocyte oxidase* akibat sinyal intrasel yang terjadi ketika patogen berikatan dengan fagosit. ROS dapat bekerja sama dengan NO (*nitric oxidase*) untuk meningkatkan efektivitas dalam membunuh patogen. Sebagai contoh bentuk kerjasama tersebut adalah terbentuknya peroksinitrit yang sangat toksik. Dalam melawan patogen yang berada dalam fagosom,

fagosit juga menghasilkan peptida antimikroba, seperti defensin dan laktoferin yang bisa menginaktivasi dan membunuh patogen (Jatmiko, 2022).

2.3.5 *Latex beads* sebagai partikel model

Latex beads adalah partikel asing yang dapat menstimulasi adanya aktivitas fagositosis sel makrofag. Karakteristik dari *latex beads* adalah tidak dapat diwarnai dengan giemsa 10% sehingga pada saat pengamatan sel makrofag dapat dilihat dengan warna keunguan. *Latex beads* yang terfagositosis menunjukkan adanya proses fagositosis. Saat sel makrofag memfagositosis *latex beads* maka akan terlihat bahwa sel memiliki bentuk yang tidak beraturan (Bunga, dkk., 2024).

Cara kerja *latex beads* dalam proses fagositosis dimulai dengan pembentukan serum complement protein yang dikenal sebagai opsonin, yaitu penanda bagi makrofag untuk mengenali benda asing. Molekul protein ini kemudian melakukan opsinisasi dengan menempel pada permukaan makrofag melalui mekanisme pengenalan oleh reseptor khusus yang ada pada membran plasma sel makrofag yang terdiri dari CR1 untuk komponen C4b serta CR3 dan CR4 untuk komponen C3bi. Setelah pengenalan terjadi, *latex beads* akan mengalami internalisasi langsung ke dalam makrofag tanpa melalui pembentukan pseudopodia, sehingga proses fagositosis menjadi lebih cepat (Handajani, 2013).

2.4 Mekanisme Flavonoid Terhadap Makrofag

Senyawa flavonoid berperan sebagai imunostimulan dengan memberikan rangsangan intraseluler pada sel makrofag dan sel T, sehingga keduanya dapat bekerja lebih optimal dalam melawan agen infeksi yang masuk ke dalam tubuh. Aktivasi makrofag oleh IFN- γ akan meningkatkan kemampuan fagositosisnya, sehingga

menyebabkan makrofag dapat membunuh bakteri dengan lebih cepat. Mekanisme kerja flavonoid salah satunya adalah melalui aktivitas sel NK untuk menghasilkan IFN- γ . Sitokin IFN- γ berfungsi sebagai Macrophage activating Cytokine (MAC) yang mengaktifkan makrofag dan menstimulasi yang mampu menstimulasi sel T dan makrofag agar bekerja lebih efektif dalam mengeliminasi agen infeksi yang masuk (Dewi, dkk., 2022).

Flavonoid bisa bekerja pada makrofag yang sudah teraktivasi, yakni dengan cara menghambat mediator inflamasi dan menekan ekspresi *toll-like receptor 4* (TLR4). Flavonoid juga dapat mengurangi produksi nitrogen monoksida (NO) dan platinum group element 2 (PGE) melalui penurunan inducible nitric oxide synthase (iNOS) dan cyclooxygenase-2 (COX-2) dan menghambat jalur aktivasi NF-kB. Selain itu, flavonoid mampu menghambat MCP-1 dan TNF- α melalui aktivitas IKK dan NF-kB dan mampu menekan TLR4 dan CD14 yang juga menghambat NF-kB (Sabini, dkk., 2025).

2.5 Ekstraksi Daun Pecut Kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*)

Tanaman pecut kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*) diketahui memiliki senyawa bioaktif yang dapat dijadikan sebagai bahan imunomodulator. Faktor-faktor yang mempengaruhi adanya potensi dalam tanaman obat adalah umur tanaman, waktu panen tanaman dan pelarut yang digunakan dalam pembuatan ekstrak (Sonja, dkk., 2018). Pemilihan pelarut yang sering digunakan adalah air, etanol atau pencampuran antara keduanya. Namun penggunaan air untuk maserasi jangka panjang perlu diperhatikan karena mudah terjadi kontaminasi jamur dan ragi (Mun'im & Ahmad, 2023). Etanol adalah pelarut organik yang banyak digunakan dalam proses ekstraksi karena memiliki

tingkat toksisitas yang lebih rendah dibandingkan metanol maupun aseton. Kombinasi etanol dengan air yang dinyatakan dalam persen dapat menghasilkan tingkat polaritas pelarut yang berbeda, sehingga memengaruhi kemampuan pelarut dalam melarutkan senyawa tertentu. Konsentrasi etanol berperan penting terhadap interaksi hidrofobik dan pembentukan ikatan hidrogen selama proses ekstraksi. Efektivitas ekstraksi cenderung meningkat apabila polaritas pelarut sesuai dengan polaritas senyawa yang akan diekstraksi, sehingga lebih banyak senyawa aktif dapat terlarut dari simplisia. Semakin mirip polaritas pelarut dengan zat terlarut, maka semakin besar kemampuan pelarut untuk menarik senyawa aktif dari simplisia. Peningkatan kadar etanol hingga batas tertentu juga dapat mempercepat proses pelarutan dan meningkatkan hasil ekstraksi. Akan tetapi, penggunaan etanol dengan konsentrasi yang terlalu tinggi, terutama di atas 70% dapat menurunkan perolehan senyawa target akibat terjadinya denaturasi protein yang menghambat proses difusi (Hakim & Saputri, 2020). Oleh karena itu, penggunaan etanol 70% dianggap paling optimal untuk mengekstraksi senyawa polar seperti flavonoid dan fenolik, karena keseimbangan antara sifat polar dan non-polar yang dimilikinya. Selain itu, etanol 70% juga mudah didapatkan (Pattipeilohy, dkk., 2022). Penggunaan etanol dalam pembuatan ekstrak ini relatif aman karena tidak ada kandungan toksik dibandingkan dengan pelarut lain, seperti aseton dan metanol. Konsentrasi aman untuk mendapatkan senyawa flavonoid dan fenolik yakni pada rentang 50-80% dengan suhu 40-70°C, dan lama ekstraksi berkisar 30 menit sampai 24 jam (Hakim, 2020).

Selain itu, meskipun menggunakan pelarut yang sama, namun dengan metode yang berbeda juga dapat mempengaruhi hasil fitokimia (Sonja, 2018). Metode

ekstraksi yang dapat digunakan, salah satunya adalah metode maserasi. Maserasi merupakan metode ekstraksi dengan cara merendam sampel dalam pelarut pada kondisi dingin secara diskontinu untuk menarik komponen yang diinginkan. Metode ini memiliki beberapa keunggulan, antara lain praktis, menggunakan pelarut dalam jumlah relatif sedikit, serta tidak memerlukan proses pemanasan sehingga senyawa aktif yang sensitif terhadap suhu tetap terjaga. Namun, kelemahannya waktu yang dibutuhkan dalam ekstraksi relatif lebih lama dibandingkan dengan metode lain (Putra, dkk., 2014). Selain itu, metode maserasi dilakukan karena pada proses ekstraksi tidak menggunakan suhu panas sehingga tidak merusak flavonoid. Metode ini bekerja untuk mengambil senyawa yang diinginkan dari suatu sampel dengan melakukan perendaman agar cairan dapat menembus dinding sel tanaman dan masuk ke rongga sel yang terkandung zat aktif, sehingga zat asing akan larut (Riwanti, dkk., 2020). Langkah pembuatan maserasi, pertama yaitu penghalusan bahan tanaman menjadi partikel yang lebih kecil agar lebih maksimal dalam pencampuran dengan pelarut. Kedua, pelarut yang sudah dicampur dengan simplisia kemudian dibiarkan selama beberapa waktu pada suhu ruang. Ketiga, penyaringan ekstraksi untuk memisahkan residu. Selama proses ekstraksi, pengadukan pada maserasi diperlukan sesekali sehingga dapat meningkatkan laju difusi (Mun'im & Ahmad, 2023).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan pendekatan deskriptif kuantitatif. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas empat perlakuan dan tiga kali ulangan. Perlakuan yang digunakan meliputi kelompok kontrol (K) berupa isolat sel makrofag tanpa pemberian ekstrak dan kelompok perlakuan ekstrak daun pecut kuda dengan variasi konsentrasi, yaitu P1 (50 µg/ml), P2 (100 µg/ml), dan P3 (150 µg/ml).

3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September - Mei 2026. Eksperimen dilakukan di Laboratorium Kultur Jaringan Hewan sebagai laboratorium utama dan laboratorium Fisiologi Tumbuhan, Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Variabel Penelitian

Penelitian menggunakan 3 variabel, diantaranya:

1. Variabel bebas adalah ekstrak daun pecut kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*) yang diberikan pada sel makrofag dengan beberapa variasi konsentrasi, yaitu 50, 100, dan 150 µg/ml.
2. Variabel terikat berupa aktivitas dan kapasitas fagositosis sel makrofag peritoneal.

3. Variabel kontrol yaitu jenis sel, lama inkubasi, suhu, kelembaban, dan jenis media.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah: Laminar Air Flow (LAF), inkubator CO₂ 5%, mikroskop inverted, autoklaf, oven, timbangan analitik, rotary evaporator, Tissue Culture Dish 35x10 mm, cell countest, sentrifus, mikropipet, tube sentrifus, botol tutup ulir (scot), filter single use 0.22 µm, *cell strainer* 70 µm, spuit 20 cc, spuit 10 ml, spuit 3 ml, gunting bedah, pinset, blue tip, dan yellow tip, cawan petri, tabung reaksi, *beaker glass*, *cover glass*, *hand glove*, masker, kertas label, tisu, alumunium foil, bunsen, dan korek, *erlenmayer*, batang pengaduk, kertas saring, gelas ukur, spatula.

3.4.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sel makrofag peritoneal *Mus musculus* strain Balb/c yang berusia 6-8 minggu dengan berat 20 gram, daun pecut kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*), etanol 70%, media RPMI 1640, natrium bikarbonat, *Fetal Bovine Serum* (FBS), HEPES, penicilin, *streptomycin*, DI water, tripan blue, pewarna giemsa, aquades, *latex beads*, *Phosphate Buffered Saline* (PBS), Dimetil Sulfoksida (DMSO), Methanol Merck, alkohol 70%, wipol, tipol, media NA dan PDA.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Preparasi Ruang

Ruang kultur sel terlebih dahulu dipersiapkan dengan proses sterilisasi. Tahap sterilisasi diawali dengan pembersihan seluruh area ruangan, kemudian dilanjutkan dengan penyemprotan alkohol 70% dan pengusapan menggunakan lap bersih. Lantai ruangan dibersihkan menggunakan larutan pembersih, yaitu wipol, selanjutnya dilakukan sterilisasi menggunakan sinar ultraviolet (UV) selama 1 jam. Keberhasilan proses sterilisasi dievaluasi melalui uji sterilisasi menggunakan media *Nutrient Agar* (NA) untuk mendeteksi kontaminasi bakteri dan *Potato Dextrose Agar* (PDA) untuk mendeteksi kontaminasi jamur.

3.5.2 Preparasi Alat

Sterilisasi alat dilakukan sebelum penelitian untuk memastikan kondisi bebas kontaminasi. Langkah dalam sterilisasi alat meliputi alat-alat bedah dan alat-alat gelas, non-gelas, dan logam direndam dengan tipol selama 1x24 jam. Setelah perendaman, alat digosok bersih lalu dibilas sebanyak 21 kali dengan air mengalir dan pada bilasan terakhir menggunakan aquades. Alat-alat yang sudah dicuci dikeringkan dalam oven dengan suhu 50 °C. Selanjutnya, semua peralatan dibungkus rapat dengan aluminium foil sebelum dilakukan proses steril. Peralatan gelas dan logam disterilkan dengan metode panas kering menggunakan oven pada suhu 125 °C selama 3 jam. Sementara itu, peralatan berbahan plastik disterilkan dengan metode panas basah menggunakan autoklaf pada suhu 121°C yang bertekanan 1,5 atm selama 1 jam.

3.5.3 Pembuatan Ekstrak Daun Pecut Kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*)

Serbuk simplisia pecut kuda didapatkan dari UPT Laboratorium Herbal Materia Medica Batu, kemudian diayak menggunakan saringan. Sebanyak 50 g serbuk halus dimasukkan ke dalam bejana maserasi dan direndam menggunakan etanol 70% dengan perbandingan 1:10. Proses maserasi dilakukan selama 3 hari dengan pengadukan sesekali setiap 1 siklus, kemudian disaring untuk memisahkan ekstrak cair dengan residunya. Ekstrak hasil maserasi kemudian diuapkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu waterbath 40°C dengan kecepatan 50 rpm dan dibantu dengan pendingin balik hingga diperoleh ekstrak etanol pekat. Ekstrak yang pekat tersebut kemudian di larutkan dalam DMSO 0,5% v/v dalam DI water dan dibuat seri konsentrasi 10 µg/ml (P1), 20 µg/ml (P2), 50 µg/ml (P3), dan 100 µg/ml (P4) yang masing-masing ekstrak uji disiapkan sebanyak 10 ml.

3.5.4 Pembuatan Media Stok RPMI 1640

Pembuatan media stok dilakukan di LAF (*Laminar Air Flow*). Media kultur yang digunakan untuk sel makrofag peritoneal pada penelitian ini yaitu media RPMI 1640. Pembuatan stok diawali dengan menambahkan 0,84 gram RPMI 1640 ke dalam tabung erlenmayer berisi 100ml DI (*Deionized water*), kemudian ditambahkan 0,2gram NaHCO₃, 0,23 gram HEPES, 0,01 gram streptomycin dan 0,01 gram penisilin. Seluruh bahan dicampurkan secara perlahan sampai menjadi larutan yang homogen. Kemudian, media disterilkan dengan menggunakan *filter membrane* dengan porositas 0,22 µm dan disimpan dalam lemari pendingin dengan suhu 2 - 8 °C hingga media digunakan. Hal ini berdasarkan informasi produk oleh Mani, *et.al* (2023) dengan beberapa modifikasi.

3.5.5 Isolasi Sel Makrofag Peritoneal

Sel makrofag diisolasi dari mencit usia 6-8 minggu dengan berat 20 gram. Mencit dieuthanasia menggunakan metode dislokasi, yaitu dengan cara memutuskan tulang belakang leher dan dasar tenggorokan dengan menggunakan benda tumpul. Selanjutnya, mencit disterilkan menggunakan alkohol 70% dan dibedah sampai tampak rongga perutnya. Masukkan media kurang lebih 5 ml RPMI 1640 dingin dengan menggunakan jarum 10 ml ke dalam rongga perut dan ditepuk perlahan selama 1 menit, kemudian cairan RPMI dalam rongga perut diambil lagi menggunakan jarum 3 ml dan dilakukan sentrifuge 1600 rpm selama 5 menit. Hasil sentrifugasi berupa supernatan dibuang dan sentrifugasi kembali secara bertahap dengan menggunakan media dingin RPMI 0% serum, RPMI 3% serum, dan RPMI 10% serum. Selanjutnya, dibuang supernatan dan disisakan 1 ml kemudian ditambahkan 2 ml media RPMI. Setelah itu, jumlah sel makrofag dihitung dengan sel *countest* dan diresuspensi hingga konsentrasi 2.5×10^5 sel. Hal ini berdasarkan Susanti *et al.* (2015)

3.5.6 Kultur Sel Makrofag Peritoneal

Langkah-langkah dalam kultur sel makrofag ialah sebagai berikut:

1. Disiapkan terlebih dahulu media RPMI 1640 dengan 10% FBS dan ekstrak daun pecut kuda dengan konsentrasi 50, 100, dan 150 $\mu\text{g/ml}$ yang akan digunakan dalam penanaman sel. Selanjutnya, diinkubasi selama 30 menit untuk menyesuaikan suhu pertumbuhan sel.
2. Hasil suspensi sel yang telah dihitung, ditumbuhkan ke dalam *TC dish* sumuran yang berisi 2.5×10^5 sel/sumuran.

3. Inkubasi sel dalam inkubator CO₂ 5% dengan suhu 37°C selama 24 jam hingga sel menempel pada TC dish, kemudian digunakan untuk uji fagositosis menggunakan *lateks beads*.

3.5.7 Uji Fagositosis Menggunakan *Lateks Beads*

Uji fagositosis non-spesifik dilakukan secara in vitro dengan menggunakan *latex beads*. *Latex beads* sebelumnya dicampur menggunakan PBS dan disonifikasi hingga didapatkan diameter ukuran 3 µm. Selanjutnya, hasil dari latex beads yang sudah disonifikasi diambil 1 ml dan dicampurkan dengan media RPMI komplet hingga mencapai 15 ml. Sel makrofag yang sudah diinkubasi 24 jam kemudian dilakukan *washing* menggunakan RPMI sebanyak 1 kali dan diganti dengan media RPMI yang mengandung *latex beads* sebanyak 2 ml. Sumuran kemudian diinkubasi kembali pada suhu 37 °C selama 60 menit agar makrofag berinteraksi dengan lateks di dalam inkubator CO₂ 5%.

Langkah berikutnya dilakukan pencucian sumuran menggunakan PBS sebanyak 3 kali sehingga partikel yang tidak terfagosit bisa terbuang, kemudian dikeringkan di suhu ruang dan difiksasi menggunakan metanol marck selama 30 detik. Setelah itu, metanol dibuang dan dikeringkan dengan cara diangin-anginkan pada suhu ruang. Tahapan berikutnya dilakukan pewarnaan menggunakan giemsa 10% sampai terendam selama 10 menit, setelah itu dicuci kembali menggunakan aquades dan dikeringkan. *Tc dish* kemudian diamati *lateks beads* yang terfagositosis oleh sel makrofag dan makrofag yang aktif memfagosit tiap 200 sel makrofag yang ditunjukkan dengan adanya butiran *lateks* berbentuk bulat kecil berwarna bening

3.5.8 Pengamatan dan Pengambilan Data

Fagositosis makrofag yang paling banyak digunakan sebagai parameter imunologi untuk mengevaluasi sistem imun pada tubuh. Data yang didapatkan digunakan untuk menghitung aktivitas fagositosis dan kapasitas fagositosis menurut Karimaa (2018) didapatkan rumus sebagai berikut:

$$\text{Phagocytosis activity (\%)} = \frac{\text{Total of active macrophages}}{\text{Total of macrophage observed}} \times 100\%$$

$$\text{Phagocytosis capacity} = \frac{\text{Total of phagocytosed latex beads particles}}{\text{Total of active macrophage}}$$

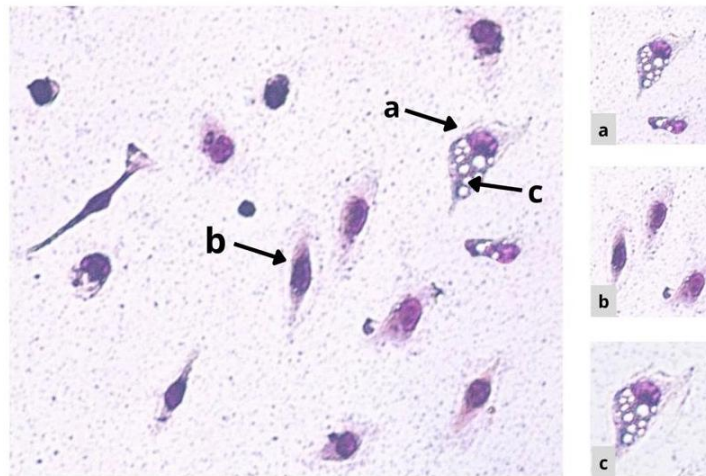
3.5.9 Analisis Data

Data aktivitas dan kapasitas fagositosis dianalisis secara statistik menggunakan *software* SPSS dengan menggunakan metode *Analysis of Variance* (ANOVA) *One Way* untuk mengetahui pengaruh pemberian ekstrak dengan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Sebelum uji ANOVA, data terlebih dahulu diuji normalitas dan homogenitas ($p > 0,05$). Jika data terdistribusi normal dan homogen, maka dilanjutkan uji ANOVA, sedangkan data yang tidak memenuhi syarat dianalisis menggunakan uji *Kruskal Wallis*, kemudian dilanjutkan dengan uji *Post Hoc Wilcoxon* (Luhurningtyas & Amaliasari, 2023). Apabila hasil ANOVA menunjukkan adanya perbedaan nyata (nilai $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$), maka dilakukan uji lanjut Duncan, BNT, atau BNJ. Pemilihan uji lanjut ditentukan berdasarkan pada nilai koefisien keragaman (KK). Apabila $KK > 10\%$ maka menggunakan uji lanjut Duncan, BNT dilakukan apabila nilai KK 5-10% dan BNJ digunakan apabila nilai $KK < 5\%$ (Nuraeni, 2021).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Sel Makrofag Peritoneum Mencit

Sel makrofag merupakan salah satu sel fagosit yang berperan penting dalam sistem imun non-spesifik sebagai lini pertama pertahanan tubuh terhadap partikel asing. Sel ini mampu mengenali, menelan, dan menghancurkan partikel asing melalui proses fagositosis (Malik dkk., 2022). Identifikasi sel makrofag pada penelitian “Pengaruh Ekstrak Daun Pecut Kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*) terhadap Aktivitas dan Kapasitas Fagositosis Sel Makrofag Peritoneum”, dilakukan untuk membedakan sel makrofag yang aktif dan tidak aktif melakukan fagositosis. Penentuan aktivitas dan kapasitas fagositosis dapat diamati berdasarkan keberadaan partikel lateks di dalam sel. Partikel lateks pengujian in vitro menggunakan *latex beads* sebagai model partikel asing pada pengujian fagositosis.



Gambar 4.1 Gambaran sel makrofag peritoneum mencit pada uji fagositosis latex beads di bawah mikroskop inverted dengan perbesaran 200x. Keterangan: a. sel makrofag aktif yang menginternalisasi *latex beads*, b. sel makrofag tidak aktif, dan c. *latex beads* yang diinternasilasi sel makrofag peritoneum mencit.

Sel makrofag yang tidak aktif tidak memperlihatkan adanya partikel lateks yang terinternalisasi di dalam sel karena belum terjadi proses fagositosis (**Gambar 4.1**). Sebaliknya, Sel makrofag yang aktif berfagositosis secara mikroskopis memperlihatkan adanya vakuola fagositik di dalam sitoplasma yang berisi partikel lateks. Menurut Istiani dan Santoso (2018) *latex beads* banyak digunakan sebagai model partikel dalam penelitian imunomodulator karena memiliki permukaan hidrofobik yang mampu mengikat protein serum, seperti imunoglobulin dan protein komplemen. Protein tersebut membantu proses pengenalan partikel asing oleh reseptor makrofag sehingga mempermudah terjadinya proses fagositosis. Selain itu, latex beads juga bersifat non-reaktif secara metabolik sehingga tidak mempengaruhi viabilitas sel selama proses inkubasi (Gordon *et al.*, 2018).

Berdasarkan hasil identifikasi tersebut, keberadaan *latex beads* di dalam sitoplasma sel makrofag digunakan sebagai indikator terjadinya proses fagositosis. Sel yang tidak mengandung *latex beads* dikategorikan sebagai sel makrofag tidak aktif, sedangkan sel yang mengandung *latex beads* dikategorikan sebagai sel makrofag aktif. Klasifikasi ini menjadi dasar dalam penentuan aktivitas dan kapasitas fagositosis pada penelitian ini. Hasil identifikasi sel makrofag selanjutnya digunakan untuk menghitung persentase sel makrofag aktif yang melakukan fagositosis serta rata-rata jumlah *latex beads* yang berhasil difagositosis oleh setiap sel makrofag aktif.

Salah satu faktor yang dapat memengaruhi kemampuan fagositosis sel makrofag adalah kandungan senyawa bioaktif dalam ekstrak yang diberikan. Ekstrak daun pecut kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*) diduga mengandung senyawa bioaktif yang berperan dalam menstimulasi aktivitas tersebut, sehingga dilakukan analisis

kandungan senyawa bioaktif ekstrak daun pecut kuda oleh Laboratrium Central Riset dan Diagnostik Klinik Hewan Satwa Sehat Malang menggunakan metode ELISA (*Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*) dengan alat ELISA Reader Diatek DR-200BC (Lampiran 5). Parameter yang diukur meliputi kadar flavonoid, kadar fenolik total, dan kadar steroid pada lima variasi konsentrasi ekstrak, yaitu 20, 40, 60, 80, dan 100 ppm. Hasil tersebut menunjukkan nilai yang berbeda tiap konsentrasi ppm yang tertera pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kandungan senyawa bioaktif ekstrak daun pecut kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*)

Konsentrasi Ekstrak (ppm)	Flavonoid Total (mg QE/gram)	Fenolik Total (mg GAE/gram)	Steroid (mg/L)
20	277,18	65,09	18,13
40	312,78	110,73	37,20
60	433,83	191,67	56,67
80	448,19	198,05	58,20
100	461,30	203,87	59,60

Hasil pengujian pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa kadar flavonoid total berkisar antara 277,18-461,30 mg QE/g, kadar fenolik total berkisar antara 65,09-203,87 mg mg GAE/g, sedangkan kadar steroid berkisar antara 18,13-59,60 mg/L. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak diikuti oleh peningkatan kadar ketiga senyawa bioaktif tersebut. Nilai tertinggi flavonoid, fenolik, dan steroid diperoleh pada konsentrasi 100 ppm.

Berdasarkan hasil tersebut, flavonoid total memiliki kadar tertinggi dibandingkan fenolik dan steroid. Tingginya kandungan flavonoid menunjukkan bahwa ekstrak daun pecut kuda memiliki kemampuan aktivitas imunomodulator yang dapat memengaruhi respon imun melalui aktivitas fagosit sehingga berpotensi

meningkatkan kemampuan makrofag fagositosis. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hikmah dan Triastuti (2022) bahwa flavonoid memiliki kemampuan aktivitas imunomodulator melalui pengaruhnya terhadap aktivitas fagosit.

Selain flavonoid, ekstrak daun pecut kuda juga mengandung senyawa fenolik. Keberadaan senyawa fenolik diduga berperan dalam mempertahankan fungsi makrofag secara optimal pada saat merespon rangsangan imun. Menurut Dhurhanian dan Novianto (2018), menyatakan bahwa senyawa fenolik merupakan salah satu metabolit sekunder yang berperan menstabilkan radikal bebas dan menghambat reaksi oksidasi, sehingga melindungi komponen sel dari kerusakan oksidatif. Perlindungan tersebut memiliki peranan penting terhadap sistem imun, mengingat sel-sel imun seperti makrofag yang mengalami stress oksidatif berlebih cenderung mengalami penurunan fungsi, termasuk dalam kapasitasnya melakukan fagositosis. Dengan demikian, senyawa fenolik diduga turut berperan dalam mempertahankan fungsi makrofag secara optimal pada saat merespon rangsangan imun.

Hasil analisis juga menunjukkan adanya kandungan steroid pada ekstrak daun pecut kuda, meskipun dengan kadar yang relatif paling rendah di antara ketiga senyawa tersebut. Keberadaan senyawa steroid bersama flavonoid dan fenolik menunjukkan bahwa ekstrak daun pecut kuda mengandung kombinasi beberapa metabolit sekunder yang diduga bekerja melalui mekanisme berbeda namun saling mendukung satu sama lain dalam memengaruhi respon imun. Hal ini didukung oleh pernyataan Khoerunisa, dkk (2022) bahwa golongan steroid dilaporkan memiliki aktivitas imunostimulan dan berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan fagositosis makrofag.

Berdasarkan hasil tersebut, hasil analisis kandungan senyawa bioaktif menunjukkan bahwa ekstrak daun pecut kuda mengandung flavonoid, fenolik, dan steroid yang masing-masing berpotensi berperan dalam aktivitas imunomodulator. Hal ini menjadi dasar dalam mengkaji lebih lanjut pengaruh ekstrak daun pecut kuda terhadap sel makrofag peritoneum, khususnya pada aktivitas dan kapasitas fagositosis.

4.2 Pengaruh Ekstrak Daun Pecut Kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*) Terhadap Aktivitas Fagositosis Sel Makrofag Peritoneum

Aktivitas fagositosis merupakan kemampuan sel makrofag dalam mengenali dan menginternalisasi partikel asing sebagai bagian dari respon imun non-spesifik. Kemampuan ini dapat dihitung berdasarkan persentase jumlah sel makrofag aktif dalam melakukan fagositosis dari total 200 sel makrofag yang diamati (Winata *et al.*, 2023). Aktivitas fagositosis sel makrofag diketahui dapat dipengaruhi oleh berbagai senyawa bioaktif yang berasal dari bahan alam. Pada penelitian ini, bahan alam yang digunakan adalah ekstrak daun pecut kuda yang mengandung senyawa bioaktif sehingga mampu mempengaruhi aktivitas fagositosis sel makrofag. Berdasarkan hasil pengamatan, pengaruh ekstrak daun pecut kuda terhadap aktivitas fagositosis menunjukkan adanya perbedaan rerata sebagaimana disajikan dalam tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil rerata pengaruh ekstrak daun pecut kuda terhadap aktivitas fagositosis sel makrofag peritoneum mencit

Perlakuan	Aktivitas Fagositosis (%) Pada Ulangan			Rerata $\pm$ SD
	Ke-			
	1	2	3	
K (Kontrol)	41	60.5	47.5	49.7 $\pm$ 9.9
P1 (50 μ g/ml)	53	78	67	67.5 $\pm$ 13
P2 (100 μ g/ml)	72	79.5	71.5	74.17 $\pm$ 4.6
P3 (150 μ g/ml)	75.5	82	86	81.17 $\pm$ 5.3

Hasil penelitian pada tabel 4.2 menunjukkan adanya perbedaan rerata aktivitas fagositosis antara perlakuan kontrol dengan seluruh perlakuan ekstrak. Perlakuan K (kontrol) memiliki aktivitas fagositosis paling rendah yaitu $49.7 \pm 9.9\%$, sedangkan perlakuan yang diberikan ekstrak daun pecut kuda menunjukkan rerata aktivitas fagositosis yang lebih tinggi dan bervariasi. Rerata aktivitas fagositosis cenderung meningkat pada setiap konsentrasi ekstrak, dengan rerata tertinggi terdapat pada perlakuan P3 ($150 \mu\text{g/ml}$), yaitu sebesar $81.17 \pm 5.3\%$. Hasil tersebut menunjukkan adanya pola hubungan antara pemberian konsentrasi ekstrak daun pecut kuda dengan respon aktivitas fagositosis sel makrofag. Hal ini sejalan dengan penelitian Winata *et al.* (2023) pada ekstrak etanol 70% umbi bit yang menunjukkan pola serupa, yaitu kelompok kontrol memiliki aktivitas fagositosis lebih rendah dibandingkan kelompok perlakuan dan cenderung meningkat seiring peningkatan konsentrasi ekstrak.

Perbedaan rerata aktivitas fagositosis pada masing-masing perlakuan menunjukkan bahwa pemberian ekstrak daun pecut kuda berpengaruh terhadap aktivitas fagositosis sel makrofag. Namun demikian, untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh signifikan antar perlakuan, maka perlu diuji secara statistik menggunakan *One-way* ANOVA. Sebelum uji *one-way* ANOVA, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas dan homogenitas untuk mengetahui distribusi dan keseragaman data aktivitas fagositosis. Berdasarkan hasil uji tersebut, menunjukkan bahwa data aktivitas fagositosis terdistribusi normal dan homogen (Lampiran 4), sehingga analisis dapat dilanjutkan dengan uji *One-way* ANOVA.

Hasil uji *One-Way* ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar perlakuan dengan nilai signifikan sebesar 0.013 ($p < 0.05$), sehingga hipotesis H_0

ditolak dan hipotesis H1 diterima (Lampiran 4). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian ekstrak daun pecut kuda berpengaruh signifikan terhadap aktivitas fagositosis sel makrofag. Sementara itu, pada hasil koefisien keragaman (KK) aktivitas fagositosis menunjukkan angka sebesar 13.06% ($KK > 10\%$) sehingga analisis dilanjutkan menggunakan uji Duncan untuk mengetahui perbedaan nyata antar kelompok perlakuan. Hasil uji Duncan pada $\alpha = 0.05$ (5%) disajikan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil uji lanjut Duncan ($\alpha = 0.05$) pengaruh ekstrak terhadap aktivitas fagositosis sel makrofag peritoneum

Perlakuan	Rerata $\pm$ SD	Notasi ($\alpha = 0.05$)
K (Kontrol)	49.7 $\pm$ 9.9	a
P1 (50 μ g/ml)	67.5 $\pm$ 13	b
P2 (100 μ g/ml)	74.17 $\pm$ 4.6	b
P3 (150 μ g/ml)	81.17 $\pm$ 5.3	b

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata antar kelompok perlakuan

Berdasarkan hasil uji Duncan pada tabel 4.3 menunjukkan bahwa perlakuan kontrol memperoleh notasi “a” yang berbeda nyata dibandingkan seluruh perlakuan ekstrak P1, P2, dan P3 yang memperoleh notasi “b”. Hal ini membuktikan bahwa pemberian ekstrak daun pecut kuda pada seluruh konsentrasi yang diuji mampu meningkatkan aktivitas fagositosis sel makrofag secara nyata dibandingkan kontrol. Meskipun antar perlakuan P1, P2, dan P3 tidak menunjukkan perbedaan nyata secara statistik, ketiga perlakuan tersebut tetap mampu mempengaruhi dan meningkatkan aktivitas fagositosis sel makrofag dibandingkan kontrol.

Rendahnya aktivitas fagositosis pada perlakuan K (kontrol) disebabkan karena perlakuan tersebut tidak mendapatkan tambahan senyawa bioaktif dari ekstrak daun pecut kuda yang berperan dalam menstimulasi aktivitas fagositosis sel makrofag.

Tanpa adanya stimulasi dari senyawa bioaktif tersebut, makrofag hanya bekerja pada kondisi basal atau kondisi dasarnya saja, sehingga kemampuan dalam mengenali dan memfagositosis partikel asing cenderung lebih rendah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kirana *et al* (2023) bahwa nilai aktivitas fagositosis pada kelompok kontrol merupakan respon alami sel makrofag sebagai bagian dari imunitas non-spesifik dalam kondisi fisiologis normal. Sementara itu, pada perlakuan P1, P2, dan P3 yang diberikan ekstrak daun pecut kuda menunjukkan peningkatan aktivitas fagositosis yang berbeda nyata dibandingkan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa bioaktif yang terkandung dalam ekstrak daun pecut kuda, seperti flavonoid, fenolik, dan steroid, mampu memberikan stimulasi tambahan terhadap sel makrofag sehingga kemampuan fagositosisnya meningkat. Flavonoid diketahui memiliki aktivitas imunomodulator yang mampu mengaktifasi sel fagosit, termasuk makrofag. Flavonoid juga berperan untuk meningkatkan produksi sitokin proinflamasi seperti IL-1, IL-6, IL-12 dan TNF- α yang bisa memperkuat kemampuan makrofag dalam mengenali dan memfagositosis *latex beads* (Munawaroh *et al.*, 2018). Selain itu, senyawa fenolik, termasuk tanin juga memiliki peran sebagai imunostimulator yang membantu mengoptimalkan fungsi sistem imun dengan meningkatkan aktivitas fagositosis makrofag dalam menghancurkan partikel asing (Hikmah & Triastuti, 2022). Menurut Winata *et al.* (2023) menjelaskan bahwa semakin tinggi kandungan flavonoid yang diberikan, maka aktivitas makrofag dalam memfagositosis partikel asing juga semakin meningkat.

Tidak adanya perbedaan nyata antar perlakuan P1, P2, dan P3 secara statistik kemungkinan berkaitan dengan respon reseptor pada permukaan sel makrofag yang telah mencapai kondisi optimal terhadap stimulasi senyawa bioaktif sejak konsentrasi

terendah, sehingga peningkatan konsentrasi ekstrak tidak lagi menghasilkan peningkatan aktivitas fagositosis yang berbeda nyata antar perlakuan. Kondisi tersebut berkaitan dengan kandungan senyawa bioaktif dalam ekstrak daun pecut kuda yang berperan dalam menstimulasi reseptor permukaan sel makrofag, salah satunya adalah steroid. Hal ini sesuai dengan Khoerunisa dkk. (2022) yang menyatakan bahwa steroid mampu meningkatkan aktivitas fagositosis makrofag melalui stimulasi langsung terhadap reseptor permukaan sel. Apabila reseptor tersebut telah bekerja secara optimal, penambahan konsentrasi yang lebih tinggi kemungkinan tidak lagi menghasilkan peningkatan aktivitas fagositosis yang berbeda jauh antar kelompok perlakuan. Selain saponin, Malik *et al.* (2022) menyatakan bahwa senyawa flavonoid mampu merangsang sel imunokompeten yang memproduksi IFN- γ dan mempengaruhi SMAF (*Specific Macrophage Activating Factor*) sebagai molekul yang berperan dalam aktivasi makrofag untuk melakukan fagositosis. Mekanisme tersebut berlangsung pada seluruh perlakuan ekstrak, sehingga meskipun konsentrasi ekstrak yang diberikan berbeda, perbedaan tersebut belum menghasilkan perubahan aktivitas fagositosis yang bermakna secara statistik antar kelompok perlakuan.

4.3 Pengaruh Ekstrak Daun Pecut Kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*) Terhadap Kapasitas Fagositosis Sel Makrofag Peritoneum

Kapasitas fagositosis merupakan kemampuan sel makrofag dalam menginternalisasi partikel asing selama proses fagositosis berlangsung. Parameter ini menggambarkan rata-rata jumlah partikel yang berhasil diinternalisasi oleh setiap sel makrofag aktif, sehingga mencerminkan kemampuan fungsional makrofag secara kuantitatif (Liao *et al.*, 2017). Partikel lateks yang dihitung adalah seluruh partikel yang

tampak berada di dalam sitoplasma sel makrofag aktif, baik di dalam vakuola fagositik maupun di sitoplasma bebas. Partikel yang berada di luar sel meskipun menempel pada membran tidak dihitung, karena yang dicatat adalah partikel yang benar-benar telah diinternalisasi melalui fagositosis aktif (Gathen *et al.*, 2017). Pada penelitian ini, kapasitas fagositosis diamati berdasarkan jumlah *latex beads* yang termakan oleh makrofag aktif setelah pemberian ekstrak daun pecut kuda. Peningkatan nilai kapasitas dapat dipengaruhi oleh adanya senyawa bioaktif dalam ekstrak yang mampu meningkatkan kemampuan internalisasi sel makrofag, sehingga terlihat perbedaan rerata kapasitas fagositosis pada setiap perlakuan sebagaimana disajikan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Rerata pengaruh ekstrak daun pecut kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*) terhadap kapasitas fagositosis sel makrofag peritoneum

Perlakuan	Kapasitas Fagositosis (latex/sel) Ulangan Ke-			Rerata $\pm$ SD
	1	2	3	
K (Kontrol)	3.22	2.15	2.57	2.65 ± 0.54
P1 (50 $\mu\text{g/ml}$)	4.66	2.92	3.03	3.54 ± 0.97
P2 (100 $\mu\text{g/ml}$)	6.34	4.39	4.32	5.02 ± 1.15
P3 (150 $\mu\text{g/ml}$)	4.73	5.13	4.66	4.84 ± 0.25

Hasil penelitian pada tabel 4.4 menunjukkan adanya perbedaan rerata kapasitas fagositosis pada setiap kelompok perlakuan. Hal ini ditunjukkan pada perlakuan kontrol (K) yang memiliki nilai rerata kapasitas fagositosis paling rendah, yaitu sebesar 2.65 ± 0.54 latex/sel dibandingkan dengan perlakuan P1, P2, dan P3. Sementara itu, nilai rerata kapasitas fagositosis paling tinggi yaitu terdapat pada perlakuan P2 dengan konsentrasi 100 $\mu\text{g/ml}$, sebesar 5.02 ± 1.15 latex/sel. Berbeda dengan aktivitas fagositosis yang cenderung meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak, pada kapasitas fagositosis justru terjadi penurunan rerata pada konsentrasi 150 $\mu\text{g/ml}$,

yaitu sebesar 4.84 ± 0.25 latex/sel. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan kemampuan internalisasi sel makrofag, sehingga kapasitas fagositosis tidak sejalan dengan aktivitas fagositosis.

Perbedaan rerata kapasitas fagositosis yang terlihat pada setiap perlakuan menunjukkan adanya pengaruh ekstrak daun pecut kuda terhadap kemampuan internalisasi sel makrofag. Hal tersebut perlu dianalisis lebih lanjut untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang signifikan antar kelompok perlakuan secara statistik menggunakan uji *One-way* ANOVA. Namun, sebelumnya perlu dilakukan uji normalitas dan homogenitas untuk memastikan data terdistribusi normal dan homogen. Hasil uji tersebut memperoleh nilai $p > 0.05$ yang menunjukkan bahwa data kapasitas fagositosis terdistribusi normal dan homogen, dan analisis dapat dilanjutkan dengan uji *One-way* ANOVA. Hasil uji *One-way* ANOVA menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0.021 ($p < 0.05$), maka hipotesis H_0 ditolak dan H_1 diterima (Lampiran 4). Selanjutnya, untuk mengetahui uji lanjut yang sesuai, dilakukan perhitungan koefisien keragaman (KK) yang diperoleh sebesar 27,1% ($KK > 10\%$). Nilai KK tersebut menunjukkan bahwa uji lanjut yang sesuai adalah uji lanjut Duncan, sehingga analisis dilanjutkan untuk mengetahui adanya perbedaan nyata antar kelompok. Hasil uji Duncan pada taraf signifikansi 0.05 disajikan pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Hasil uji lanjut Duncan ($\alpha = 0.05$) pengaruh ekstrak daun pecut kuda terhadap kapasitas fagositosis sel makrofag peritoneum

Perlakuan	Rerata $\pm$ SD	Notasi ($\alpha = 0.05$)
K (Kontrol)	2.65 $\pm$ 0.54	a
P1 (50 μ g/ml)	3.54 $\pm$ 0.97	ab
P2 (100 μ g/ml)	5.02 $\pm$ 1.15	b
P3 (150 μ g/ml)	4.84 $\pm$ 0.25	b

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata antar kelompok perlakuan

Hasil uji Duncan pada tabel 4.5 menunjukkan bahwa perlakuan kontrol memperoleh notasi “a”, sedangkan perlakuan P2 dan P3 memperoleh notasi “b”, yang menunjukkan bahwa kedua perlakuan tersebut berbeda nyata dengan perlakuan kontrol. Sementara itu, perlakuan P1 memperoleh notasi “ab”, yang menunjukkan bahwa kapasitas fagositosis pada perlakuan tersebut tidak berbeda nyata, baik dengan perlakuan kontrol maupun dengan perlakuan P2 dan P3. Hal ini mengindikasikan bahwa konsentrasi 50 μ g/ml pada perlakuan P1 belum mampu memberikan peningkatan kapasitas fagositosis yang cukup kuat untuk berbeda nyata dengan kelompok kontrol maupun dengan kelompok P2 dan P3. Meskipun demikian, P1 tetap menunjukkan kecenderungan peningkatan kapasitas dibandingkan kontrol. Adapun pada perlakuan P3, meskipun nilai reratanya mengalami penurunan dibandingkan P2, kedua perlakuan tersebut memperoleh notasi yang sama yaitu “b”, yang menunjukkan bahwa kemampuan internalisasi sel makrofag pada P2 dan P3 masih berada dalam kisaran yang optimal, serta keduanya tetap mampu meningkatkan kapasitas fagositosis secara nyata dibandingkan kontrol.

Perlakuan P1 dengan konsentrasi 50 μ g/ml yang memperoleh notasi “ab” menunjukkan bahwa konsentrasi tersebut belum mampu memberikan stimulasi yang

cukup optimal terhadap kemampuan internalisasi sel makrofag, sehingga peningkatan kapasitas fagositosis yang dihasilkan belum cukup besar untuk berbeda nyata dengan kontrol maupun dengan P2 dan P3. Hal ini berkaitan dengan pernyataan Uysal *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa aktivitas kuantitatif makrofag (jumlah sel aktif) dan aktivitas kualitatif makrofag (kemampuan tiap sel) dapat dipengaruhi secara berbeda oleh dosis stimulan yang diberikan, sehingga pada konsentrasi yang belum optimal, stimulasi senyawa bioaktif belum cukup kuat untuk meningkatkan kemampuan internalisasi setiap sel secara bermakna. Pola serupa juga ditunjukkan oleh Erjon *et al.* (2022) yang menunjukkan bahwa dosis terendah ekstrak etanol daun jengkol tidak berbeda nyata dengan kelompok kontrol, sedangkan dosis yang lebih tinggi berbeda nyata yang mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak diperlukan untuk menghasilkan efek imunostimulan yang optimal. Meskipun demikian, P1 tetap menunjukkan kecenderungan peningkatan kapasitas fagositosis dibandingkan kontrol.

Penurunan kapasitas fagositosis pada perlakuan P3 dibandingkan dengan P2 tidak mengindikasikan adanya efek toksik dari ekstrak, melainkan menunjukkan bahwa kemampuan internalisasi sel makrofag telah mencapai titik jenuh pada konsentrasi tersebut. peningkatan dosis ekstrak masih mampu meningkatkan jumlah sel makrofag yang aktif melakukan fagositosis, namun tidak diikuti peningkatan kemampuan setiap sel dalam menginternalisasi partikel asing. Hal ini sejalan dengan penelitian Herawati *dkk.* (2015) yang menunjukkan bahwa kapasitas fagositosis tertinggi diperoleh pada pada konsentrasi 50 dan 100 $\mu\text{g/ml}$ menunjukkan peningkatan yang tidak signifikan. Kondisi tersebut diduga terjadi karena kemampuan fagositosis makrofag telah

mencapai titik maksimal sehingga penambahan dosis stimulan tidak lagi meningkatkan kemampuan kapasitas fagositosis sel secara optimal.

Peningkatan aktivitas dan kapasitas fagositosis sel makrofag pada penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak daun pecut kuda memiliki potensi sebagai imunomodulator dalam membantu meningkatkan sistem imun non-spesifik. Potensi tersebut menunjukkan bahwa ekstrak pecut kuda dapat digunakan sebagai salah satu upaya alternatif untuk mencari obat dalam membantu meningkatkan sistem imun. Hal tersebut sejalan dengan hadis riwayat Bukhari dari Abu Hurairah RA bahwa Rasulullah saw bersabda:

مَا أُنْزِلَ اللَّهُ دَاءً إِلَّا أَنْزَلَ لَهُ شِفَاءً

“Dari Abu Hurairah RA, dari Nabi SAW beliau bersabda, Tidaklah Allah menurunkan penyakit melainkan menurunkan obat penyembuh untuknya” (H.R Bukhari, no. 5678)

Menurut Al-Basam (2006) dalam *Syarah Blughul Maram*, hadis tersebut menjelaskan bahwa apabila terdapat orang sakit dalam keadaan yang mengkhawatirkan, sebaiknya diingatkan untuk berobat. Hukum asal berobat adalah disyariatkan berdasarkan dalil Al-Quran dan Sunnah Rasulullah saw., baik melalui ucapan maupun perbuatan, serta sebagai bentuk memelihara jiwa (*hifz an-nafs*). Hukum berobat sendiri ada 3, yaitu wajib, sunnah, dan mubah. Berobat hukumnya wajib apabila penyakit yang diderita membahayakan dan dapat mengakibatkan kematian, sunnah apabila penyakit hanya menyebabkan tubuh lemah dan tidak berbahaya, serta mubah apabila kondisi tidak termasuk keduanya. Selain itu, menurut Ibnu Hajar Al-Asqalani dalam *Syarah Fathul Baari* yang diteliti oleh Syaikh Abdul

Aziz Abdullah bin Baz (2014) menyebutkan bahwa pengobatan hendaknya berasal dari bahan yang halal dan tidak menggunakan sesuatu yang haram. Dalam hadis Jabir juga dijelaskan bahwa kesembuhan berkaitan dengan ketepatan penggunaan obat, sehingga penggunaannya tidak boleh berlebihan karena dapat menimbulkan penyakit yang lain. Selain itu, dalam hadist Ibnu Mas'ud menegaskan bahwa obat-obat tersebut tidak menyembuhkan dengan sendirinya, melainkan menjadi bagian dari ketetapan dan izin Allah dan takdir-Nya. Dengan demikian, pemanfaatan daun pecut kuda sebagai imunomodulator dapat digunakan sebagai bentuk ikhtiar dalam menjaga kesehatan tubuh.

Selaras dengan itu, Hadist lain yang diriwayatkan oleh Imam Muslim menjelaskan bahwa Rasulullah saw. bersabda:

لِكُلِّ دَاءٍ دَوَاءٌ فَإِذَا دَوَاءُ الدَّاءِ بَرَأَ بِإِذْنِ اللَّهِ عَزَّ وَجَلَّ

“Setiap penyakit ada obatnya. Apabila obat itu sesuai dengan penyakitnya, maka penyakit itu akan sembuh dengan izin Allah Azza wa Jalla” (H.R Muslim No. 5705).

Menurut Nawawi (2013) dalam *Syarah Shahih Muslim* menyebutkan bahwa Rasulullah saw. menganjurkan umatnya untuk berobat. Hadis tersebut juga menjadi bantahan terhadap orang-orang sufi yang mengingkari anjuran berobat dengan alasan bahwa penyakit merupakan takdir yang telah ditetapkan oleh Allah swt., sehingga manusia tidak perlu melakukan pengobatan. Namun, para dokter menjelaskan bahwa sakit merupakan kondisi dimana fungsi tubuh berada dalam keadaan tidak normal, sehingga diperlukan pengobatan untuk membantu mengembalikan tubuh menjadi normal kembali. Selain itu, menjaga kesehatan tubuh juga dapat dilakukan dengan

memperbaiki pola makan yang bergizi, dan lain sebagainya. Namun demikian, segala bentuk kesembuhan dan kesehatan tetap terjadi atas izin Allah azza wajalla.

Hal ini juga dijelaskan oleh Al-Bassam (2006) dalam *Syarah Bulughul Maram*, hadis yang berkaitan dengan pengobatan mengandung konsep sebab akibat serta menjadi bantahan bagi orang-orang yang mengingkari konsep tersebut. Anjuran untuk berobat tidak bertentangan dengan sikap tawakal, karena tawakal merupakan bentuk penyerahan diri kepada Allah setelah manusia melakukan ikhtiar. Ibnul Qayyim Al-Jauziyah dalam Mukhtashar *Zadul-Ma'ad* yang diterjemahkan oleh Suhardi (2000) menjelaskan bahawa pengobatan mencakup tiga hal, yaitu menjaga kesehatan, melakukan tindakan pencegahan agar penyakit tidak menular, dan menghindari hal-hal yang dapat merusak dan membahayakan tubuh. Oleh karena itu, Rasulullah saw memberikan tuntunan untuk mengobati diri sendiri serta memerintahkan penanganan terhadap siapa pun yang sedang sakit.

BAB V PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ekstrak daun pecut kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*) berpengaruh terhadap aktivitas dan kapasitas fagositosis sel makrofag peritoneum mencit secara in vitro. Aktivitas fagositosis tertinggi ditunjukkan pada perlakuan P3 (150 µg/ml) sebesar 81.17 ± 5.3 , sedangkan kapasitas fagositosis tertinggi ditunjukkan pada perlakuan P2 (100 µg/ml) sebesar 5.02 ± 1.15 partikel per sel makrofag aktif.

5.2 Saran

Saran dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian menggunakan LPS (Lipopolisakarida) untuk mengetahui efek ekstrak daun pecut kuda terhadap fagositosis makofag dalam keadaan inflamasi.
2. Perlu dilakukan pengujian secara in vivo untuk mengetahui efektivitas ekstrak daun pecut kuda terhadap sitem imun dalam kondisi fisiologis yang lebih kompleks.
3. Perlu dilakukan penelitian mengenai variasi konsentrasi untuk menentukan konsentrasi optimal ekstrak daun pecut kuda terhadap aktivitas dan kapasitas fagositosis sel makrofag.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulkhaleq, L., Assi, M., Abdullah, r., Zamri-Saad, M., Taufiq-Yap, Y., & Noor, M. (2018). The crucial roles of imflammatory mediators in inflammation. *Veterinary World*, 11(5).
- Abdurahman, E., Permana, N., Mardiana, G. S., Sutjiatmo, A. B., Choirunnisa, A., & Vikasari, S. N. (2021). Water extract influence of *Stachytarpheta jamaicensis* (L.) Vahl leaves to prevent psoriasis severity in animal model. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 1, 39-46.
- Agromedia, R. (2008). *Buku pintar tanaman obat*. PT. Agromedia Pustaka.
- Akrom, Widjaya A., Armansyah, T. 2015. Ekstrak etanol biji jintan hitam (*Nigella sativa*) meningkatkan aktivitas fagositosis makrofag mencit swiss yang diinfeksi *Lysteria monocytogenes*. *Jurnal Kedokteran Hewan*, 9 (2), 94-100.
- Ash- Shiddiqi, T.M.H. (2000). *Tafsir Al-Qur'anul Majid An-Nuur: Jilid 13*. Pt. Pustaka Rizki Putra.
- Arifin, B., & Ibrahim, S. (2018). Struktur, bioaktivitas dan antioksidan flavonoid. *Jurnal Zarah*, 6(1), 21-29.
- Al-Bassam, Abdullah bin Abdurrahman. (2006). *Syarah Bulughul Maram*. Pustaka Azzam.
- Aldi, Y., Novelin, F., & Handayani, D. (2015). Aktivitas beberapa subfraksi herba meniran (*Phyllanthus niruri* Linn.) terhadap aktivitas dan kapasitas fagositosis makrofag. *Scientia*, 5(2), 92-96.
- Al-Jauziyyah, I. Q. (2000). *Mukhtashar Zadul ma'ad: Bekal perjalanan ke akhirat Diterjemahkan oleh Kathur Suhardi*. Pustaka Azzam.
- Al-Qurthubi, Imam. (2014). *Tafsir Al-Qurthubi Jilid 13. Diterjemahkan oleh Mahmud Hamid Utsman*. Pustaka Azzam.
- An-Nawawi, Imam. (2013). *Al-Minhaj Syarh Shahih Muslim*. Darus Sunnah.
- Bakri, A.A., Muhammad, M.A., Khalaf, M.A.L., dan Hamid, M.M.A. (2007). *Terjemah tafsir thabari*. Pustaka Azzam.
- Basrudin, Hasani, O.U., zainun, M., Khairiah, N. 2024. Karakteristik dan keanekaragaman tumbuhan obat di hutan lindung Kecamatan Moramo Utara Kabupaten Konawe Selatan. *Jurnal Kehutanan Indonesia*, 5 (2). 31-326.
- Bunga, C. D., Haresmita, P. P., Rianawati, L., Nurkhayati, N., Azizah, B. R., Latifah, E., & Hermawansyah, A. (2024). Aktivitas Fagositosis Ekstrak Etil Asetat Daun Binahong dari Borobudur untuk Imunomodulator Pandemi COVID-19. *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*, 10(2), 707-714.
- Cassado, A.A., D'Imperio L., Boroluci, K.R. 2015. Revisiting mouse peritoneal macrophage: heterogeneity, deleopment, and function. *Front Immunol*. 6, 225.
- Delo, J., Forton D. Triantafyllou, E. Singanayagama, A. 2023. Peritoneal immunity in liver disease. *Livers*, 3(2), 240-257.
- Dewi, P., Habibah, N.A., Mustikaningtyas, D., Iswan. R.S., Nugrahiningsih, W.H., Marianti, A., Yuniastutu, A., Widyaningrum, P., Susanti, R., Christijanti, W., Magdalena, M., Estri, R. (2022). *Potensi senyawa aktif bahan alam*. Unisma Press.

- Dhurhanian, C.E., & Novianto, A. (2018). Uji kandungan fenolik total dan pengaruhnya terhadap aktivitas antioksidan dari berbagai bentuk sediaan *Myrmecodia pendens*. *Jurnal Farmasi dan Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 5(2), 62-68.
- Digyo, O. D. K. (2024). Aktivitas imunomodulator infusa Ginseng Jawa (*Talinum paniculatum*) pada mencit (*Mus musculus*). *Jurnal Veteriner dan Biomedis*, 2(1), 1-8.
- El-Shitany, N. A., Shaala, L. A., Abbas, A. T., Abdel-Dayem, U. A., Azhar, E. I., Ali, S. S., ... & Youssef, D. T. (2015). Evaluation of the anti-inflammatory, antioxidant and immunomodulatory effects of the organic extract of the red sea marine sponge *Xestospongia testudinaria* against carrageenan induced rat paw inflammation. *PLoS One*, 10(9), e0138917.
- Erjon, Sari, E.M., Triyani, R. Efek imunostimulan ekstrak etanol daun jengkol (*Archidendron jiringa*) pada mencit putih jantan. *Jurnal Ilmiah Farmasi Farmasyifa*, 5(1), 62-70.
- Gathen, D.V. Y., Sander, I., Flagge, A., Bruning, T., Heimston, M. 2017. Quantification of protein latex allergen content of various rubber latex product. *Allergologie Select*, 1(2). 109-119.
- Gordon, S. (2016). Phagocytosis: An immunobiologic process. *Immunity*, 44. 463-475.
- Gunawan, D.H. (2018). Penurunan senyawa saponin pada gel lidah buaya dengan perebusan dan pengukusan. *Jurnal Teknologi Pangan*, 9(1). 41-44.
- Hakim, A. R., & Saputri, R. (2020). Narrative review: Optimasi etanol sebagai pelarut senyawa flavonoid dan fenolik. *Jurnal Surya Medika (JSM)*, 6(1), 177-180.
- Hanafiah, Kemas Ali. (2008). *Rancangan percobaan: Teori dan aplikasi* (edisi 3). Rajarafindo Persada.
- Handayani, N., Wahyono, S., Hetiani, T., Murwant, R. (2018). Uji aktivitas fagositosis makrofag ekstrak etanol daun suji (*Dracena angustifolia*) secara in vitro. *Pharmacy Medical Journal*, 1(1), 26-32.
- Handajani, J. (2013). Efek opsonisasi serum terhadap aktivitas fagositosis sel makrofag yang terpapar agregat bakteri *Actinomyces comitans* setelah pemberian minyak atsiri temu putih: effect of serum opsonization on the activity of macrophage cell phagocytosis exposed to actinomyces comitans after administration of curcuma zedoria volatile oil. *Dentika: Dental Journal*, 17(3), 217-222.
- Handajani, J., Fatimah, S., Asih, R., & Latif, A. (2015). Penurunan kadar IL-1 β makrofag terpapar agregat bakteri actinomyces comitans setelah pemberian minyak atsiri temu putih. *Majalah Kedokteran Gigi Indonesia*, 1(2), 130-135.
- Hariyanti, H., Sunaryo, H., & Nurlaily, S. (2015). Efek imunomodulator fraksi etanol dari ekstrak etanol 70% kulit buah manggis (*Garcinia mangostana* L.) berdasarkan peningkatan aktivitas dan kapasitas fagositosis sel makrofag peritoneum mencit secara in vitro. *PHARMACY: Jurnal Farmasi Indonesia (Pharmaceutical Journal of Indonesia)*, 12(1).
- Herawati, I., Husin, U.A., Sudigdoadi, S. Pengaruh ekstrak etanol propolis terhadap aktivitas dan kapasitas fagositosis pada kultur makrofag yang diinfeksi enteropathogenic *Escherichia coli* (EPEC). *MKB*, 47 (2), 102-108.

- Hidayat, S., & Syahputra, A. A. (2020). Sistem imun tubuh pada manusia. *Visual Heritage: Jurnal Kreasi Seni dan Budaya*, 2(3), 144-149.
- Hikmah, N., & Triatuti, A. (2022). Mechanism and immunomodulator bioactive compounds of *Phyllanthus niruri* (Meniran). *Jurnal Ilmiah Farmasi*, 18(2), 230-242.
- Hirano, S., & Kanno, S. 2017. Macrophage receptor with collagenous structure (MARCO) is processed by either macropinocytosis or endocytosis-autophagy pathway. *Plos One*, 10 (11), 1-16.
- Husna, A., Emriadi, E., & Ristono, B. (2021). Tempe kedelai (*Rhizopus oligosporus*) sebagai alternatif anti inflamasi. *Andalas Dental Journal*, 9(2), 100-117.
- Ifaya, M., Fitriah, I.O.W., Baco, J., Ridwan, A.B., Yuliasri O.D., Syafrie, A.F., dan Nirwana. (2025). Immunomodulatory activity test form ethanol extract of purple button hers (*Borreria laevis Lamk.*) on macrophage phagocytosis in male mice (*Mus musculus*). *Jurnal Ilmiah Farmako Bahari*, 16(1): 77-85.
- Istini, I., & Santoso, B. (2018). Pengaruh penambahan serum dan lama waktu inkubasi lateks terhadap aktivitas fagositosis makrofag tikus sprague dawley (SD) dalam menunjang kegiatan penelitian. *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(1), 16-23.
- Jatmiko, Wahyu, S. (2022). *Imunologi Dasar*. Muhammadiyah University Press.
- Jasaputra, D. K. (2023). Gangguan sistem imun pada anak autistik. *Maranatha Journal of Medicine and Health*, 2(2), 148039.
- Karimaa, A. (2018). Uji in vitro senyawa antikanker SA 2014 terhadap aktivitas fagositosis sel makrofag (*Mus musculus*). *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 7(2), 27-33.
- Kattani, dkk. (2013). *Tafsir AL-Munir: Akidah, Syariah, Manhaj Jilid 14*. Gema Insani.
- Khoerunisa, S. R., Qowiyyah, A., & Hasyul, S. F. P. (2022). Aktivitas Imunostimulan dari Famili Malvaceae. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 4(5), 523-533.
- Kotala, S., & Kurnia, T. S. (2022). Eksplorasi tumbuhan obat berpotensi imunomodulator di Kecamatan Leihitu Kabupaten Maluku Tengah. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 19(2), 186-200.
- Lajnah Pentashihan Al-Qur'an. (2011). *Tafsir Ilmi: Tumbuhan dalam perspektif Al-Qur'an dan sains*. Kementerian Agama RI.
- Lestari, F., and Susanti, I. (2020). Tumbuhan obat berpotensi imunomodulator di suku anak dalam Bendar Bengkulu. *Jpbio (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 5(1). 64-72.
- Liao, C., Andrews R., Wallace, L., Wajid, M., Morgan, A.K., Topley N., Fraser, J.D., Taylor, P.R. 2017. Peritoneal macrohage heterogeneity is associated with different peritoneal dialysis outcomes. *Kidney International*, 91(5), 1088-1103.
- Luhurningtyas, F. P., & Amaliasari, T. D. (2023). Uji aktivitas imunomodulator ekstrak etanol biji pinang terhadap jumlah total leukosit dan limfosit pada Mencit Jantan Galur Swiss Webster. *Sains Indonesiana*, 1(2), 139-147.
- Malik, F., Bafadal, M., Munasari, D., Andriani, R., Yusuf, M. I., Sahidin, S., ... & Nurfinti, W. O. (2022). Aktivitas imunomodulator ekstrak etanol buah *Etlingera rubroloba* AD Poulsen terhadap fagositosis sel makrofag pada tikus jantan galur wistar. *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*, 8(1), 96-112.

- Muahiddah, N., & Affandi, R. I. (2023). Potensi ekstrak *Spirulina sp.* sebagai imunostimulan pada bidang akuakultur: The potential of *Spirulina sp.* extract as an immunostimulant in the aquaculture field. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 9(4), 754-763.
- Munawaroh, R., Siswadi, S., Setyowati, E. P., Murwanti, R., & Hertiani, T. (2018). Correlation between total flavonoid contents and macrophage phagocytosis activity of fractions from falok (*Sterculia quadrifida* R. Br.) barks ethanolic extract in vitro. *Majalah Obat Tradisional*, 23(1), 47-55.
- Nuraeni, N. N., Zaen, A. M., Qohar, A. F., & Prasetyo, P. (2021). Uji palatabilitas fodder jagung (*Zea Mays*) hidroponik pada ternak domba ekor gemuk. *Jurnal Sains Peternakan Nusantara*, 1(02), 45-52.
- Octavia, A. A., Waris, R., & Yuliana, D. (2023). Identifikasi organoleptik, dan kelarutan ekstrak etanol daun pecut kuda (*Stachytarpetta jamaicensis* (L.) Vahl) pada pelarut dengan kepolaran berbeda. *Makassar Nat Prod J*, 1(4), 203-11.
- Octasari, P. M., & Ramayani, S. L. (2021). Potensi hidrogel ekstrak etanolik daun pecut kuda (*Stachytarpheta Jamaicensis* [L.] Vahl) terhadap proses penyembuhan ulkus diabetikum pada *Rattus Novergicus* galur wistar. *Jurnal Wiyata: Penelitian Sains dan Kesehatan*, 8(1), 23-34.
- Pattipeilohy, A. J., Umar, C. B. P., & Pattilouw, M. T. (2022). Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun tapak dara (*Catharantus roseus*) di Desa Lisabata terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dengan menggunakan metode difusi agar. *Jurnal Rumpun Ilmu Kesehatan*, 2(1), 80-90.
- Pratiwi, A.R. (2020). *Pangan untuk sistem imun*. SCU Knowledge Media.
- Priyani, R. (2020). Manfaat tanaman sambiloto (*Andrographis Paniculata* Ness) terhadap sistem imun tubuh. *Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan*, 7(3).
- Putra, A. A. B., Bogoriani, N. W., Diantariani, N. P., & Sumadewi, N. L. U. (2014). Ekstraksi zat warna alam dari bonggol tanaman pisang (*Musa paradisiaciaca* L.) dengan metode maserasi, refluks, dan sokletasi. *Jurnal Kimia*, 8(1), 113-119.
- Quthb, S. (2004). *Tafsir Fi Zhilalil Qur'an: di Bawah Naungan Al-Qur'an Jilid 8*. Gema Insani.
- Quthb, S. (2004). *Tafsir Fi Zhilalil Qur'an: di Bawah Naungan Al-Qur'an Jilid 11*. Gema Insani.
- Rahmawati, S., Suhada, A., & Halid, M. (2020). Efektivitas ekstrak etanol daun pecut kuda (*Stachytarpheta jamaicensis* L.) terhadap luka sayat pada mencit (*Mus Musculus*). *Pharmaceutical and Traditional Medicine*, 4(2), 47-5.
- Rahmi, Upik. (2022). *Patofisiologi untuk vokasi keperawatan*. Bumi Aksara.
- Riwanti, P., Izazih, F., Amaliyah. (2020). Pengaruh perbedaan konsentrasi pada kadar flavonoid total ekstrak etanol 50,70, dan 96% *Sargassum polycystum* dari Madura. *J-Pham: Journal of Pharmaceutical Care Anwar Medika*, 2 (2). 82-95.
- Rante, T. R.K., Simbala, H. E. I., & Mansauda, K. L. R. (2020). Skrining fitokimia dan potensi antioksidan dari ekstrak daun tumbuhan pecut kuda (*Stachytarpheta jamaicensis* L) dengan metode 1.1 Diphenyl-2-Picrylhydrazyl (DPPH). *Jurnal Mipa*, 9(2), 91-96.

- Rosida, L., Panghiyangani, D.I.N.P.R., Putri, J., Idhafi, N., Febriansyah, M., & Budiarmanto, A.A.M. (2014). Analisis efek ekstrak kulit limau kulit (*Citrus amblycarpa Hassk*) terhadap sel inflamasi pada hepar tikus yang diberi diet tinggi lemak. *Lingkungan Lahan Basah*, 9(3):461-471.
- Sabini, J.H., Susilowati, R.P., Sari, M.P. (2025). Potensi flavonoid sebagai agen imunomodulator: potensi terapeutik dan mekanisme aksi. *Jurnal Medscientiae*, 3(1),1-7.
- Shihab, M. Q. (2002). *Tafsir al-misbah jilid 10: Pesan, kesan, dan keserasian Al-Qur'an*. Lentera Hati.
- Shihab, M. Q. (2002). *Tafsir al-misbah jilid 13: Pesan, kesan, dan keserasian Al-Qur'an*. Lentera Hati.
- Sofya, S. W., Qomaliyah, E. N., Kresnapati, B. A., Widana, I. M. K., & Satwika, I. G. N. H. (2024). Optimasi ekstrak daun pecut kuda menggunakan simplex centroid design: Kajian sitotoksitas. *Jurnal Kolaboratif Sains*, 7(3), 1146-1150.
- Sonja V., Lumowa T., Bardin S. (2018). Uji fitokimia kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca* L.) bahan alam sebagai pestisida nabati berpotensi menekan serangan serangga hama tanaman umur pendek. *Jurnal Sains dan Kesehatan*. Vol 1. No 9.
- Sujono, T. A., Kusumowati, I. T. D., & Munawaroh, R. (2021). Aktivitas imunomodulator ekstrak metanol dan fraksi buah talok (*Muntingia calabura* L.) pada Sel RAW 264.7. *JPSCR: Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, 6(2), 82-95.
- Sujono, T. A., Nurrochmad, A., Lukitaningsih, E., Nugroho, A.E. (2021). Immunomodulator effect of methanolic extract and ethyl acetate fraction of bengkoang (*Pachyrhizus erosus*) tuber in mice. *Pharmacogn Journal*, 13(1), 59-65.
- Susanti, Erna, *et al.* (2015). Karakterisasi kultur makrofag hasil isolasi mouse peritoneum makrofag. *El-Hayah*, 5(3): 103-9.
- Utami, K., Sari, I., & Nurhafidhah, N. (2019). Pengaruh pemberian topikal ekstrak etanol daun pecut kuda (*Stachytarpheta jamaicensis* (L.) Vahl) terhadap penyembuhan luka terbuka pada punggung mencit (*Mus musculus*). *KATALIS: Jurnal Penelitian Kimia dan Pendidikan Kimia*, 2(1), 21-27.
- Uysal, V.N., Gemici, B., Birsan, I., Acar, N., Ustunel, I. The effect of apelin on the functions of peritoneal macrophages. *Physiol*, 66. 489-496.
- Van Steenis, CGGJ. 2008. *FLORA: untuk sekolah di Indonesia*. Pradnya Paramita.
- Wahyuni., Yusuf, I.M., Malik, F., Lubis, F.A., Indalifany, A., dan Sahidin. (2019). Efek imunomodulator ekstrak etanol Spons *Melophlus sarsinorum* terhadap aktivitas fagositosis sel makrofag pada mencit jantan Balb/c. *Jurnal Farmasi Galenika*, 5(2):147-157.
- Wahyuni, Leorita, M., Fristiody, A., Yusuf, I.M., Malik, F., Febriansyah, H., Sahidin. (2019). Efek imunomodulator ekstrak etanol Spons *Xestospongia* sp. terhadap aktivitas fagositosis makrofag pada mencit jantan galur Balb/C. *Jurnal Mandala Pramacon Indonesia*, 5(1): 1-16.
- Wahyuni, W., Malik, F., Leorita, M., Yusuf, M. I., Febriansyah, H., & Sahidin, S. (2019). Efek imunomodulator ekstrak etanol Spons *Xestospongia* Sp. terhadap

- aktivitas fagositosis makrofag pada mencit jantan galur Balb/C. *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*, 5(01), 15-30.
- Winata, A., Haresmita, P.P., Merilla, S. Potensi pemanfaatan umbi bit (*Beta vulgaris*) sebagai imunomodulato dalam meningkatkan fagositosis makrofag dan poliferasi limfosit. *JPSCR: Jurnal Of Pharmaceutical Science and clinical Research*, 03, 329-343.
- Zapino, T. dan Fitri, C. (2022). *Kamus nomenklatur flora & fauna*. Bumi Aksara.
- Zhang X., Goncalver, R., Mosser, DM. 2008. The isolation and characterization of murin macrophae. *Curr Protocol Immunol*. 83(12)

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Rekapitulasi Data Perhitungan Aktivitas dan Kapasitas Fagositosis

Sel Makrofag Peritoneum Mencit

Perlakuan	Ulangan	Jumlah Sel Diamati	Sel Makrofag Aktif	Latek Terfagositosis	Aktivitas Fagositosis (%)	Kapasitas Fagositosis (latex/sel)
K (Kontrol)	1	200	82	264	41,00	3,22
	2	200	121	260	60,50	2,15
	3	200	95	285	47,50	3,00
P1 (50 µg/ml)	1	200	106	318	53,00	3,00
	2	200	156	468	78,00	3,00
	3	200	134	402	67,00	3,00
P2 (100 µg/ml)	1	200	144	432	72,00	3,00
	2	200	159	477	79,50	3,00
	3	200	143	429	71,50	3,00
P3 (150 µg/ml)	1	200	151	453	75,50	3,00
	2	200	164	492	82,00	3,00
	3	200	172	516	86,00	3,00

Lampiran 2. Tabel Hasil Rata-rata Aktivitas Fagositosis Sel Makrofag Peritoneum Mencit

No.	Perlakuan	Aktivitas Fagositosis (%) Ulangan Ke-			Rerata $\pm$ SD
		1	2	3	
1.	K	41	60.5	47.5	49.7 $\pm$ 9.9
2.	P1	53	78	71.5	67.4 $\pm$ 13
3.	P2	72	79.5	71	74.2 $\pm$ 4.6
4.	P3	75.5	82	86	81.2 $\pm$ 5.3

Lampiran 3. Tabel Hasil Rata-rata Kapasitas Fagositosis Sel Makrofag Peritoneum Mencit

No.	Perlakuan	Kapasitas Fagositosis (latex/sel) Ulangan Ke-			Rerata $\pm$ SD
		1	2	3	
1.	K	3.22	2.15	2.57	2.65 $\pm$ 0.54
2.	P1	4.66	2.92	3.03	3.54 $\pm$ 0.97
3.	P2	6.34	4.39	4.32	5.02 $\pm$ 1.15
4.	P3	4.73	5.13	4.66	4.84 $\pm$ 0.25

Lampiran 4. Hasil Statistika Aktivitas dan Kapasitas Fagositosis Sel Makrofag Peritoneum Mencit

1. Uji Normalitas ($p > 0.05$)

Tests of Normality

		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Perlakuan	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Aktiitas	K	.253	3	.	.964	3	.637
	P1	.288	3	.	.929	3	.484
	P2	.346	3	.	.837	3	.206
	P3	.229	3	.	.981	3	.739
Kapasitas	K	.223	3	.	.985	3	.764
	P1	.365	3	.	.797	3	.108
	P2	.374	3	.	.776	3	.058
	P3	.334	3	.	.859	3	.264

a. Lilliefors Significance Correction

2. Uji Homogenitas ($p > 0.05$)

Tests of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Aktiitas	Based on Mean	1.791	3	8	.227
	Based on Median	.507	3	8	.689
	Based on Median and with adjusted df	.507	3	5.005	.695
	Based on trimmed mean	1.659	3	8	.252
Kapasitas	Based on Mean	3.644	3	8	.064
	Based on Median	.292	3	8	.830
	Based on Median and with adjusted df	.292	3	4.431	.830
	Based on trimmed mean	3.016	3	8	.094

3. Uji One-Way ANOVA ($p < 0.05$)

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Aktiitas	Between Groups	1643.063	3	547.688	6.922	.013
	Within Groups	633.000	8	79.125		
	Total	2276.063	11			
Kapasitas	Between Groups	11.355	3	3.785	5.781	.021
	Within Groups	5.238	8	.655		
	Total	16.593	11			

4. Uji Lanjut Duncan

Aktiitas

Duncan^a

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
K	3	49.6667	
P1	3		67.5000
P2	3		74.1667
P3	3		81.1667
Sig.		1.000	.109

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Kapasitas

Duncan^a

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
K	3	2.6467	
P1	3	3.5367	3.5367
P3	3		4.8400
P2	3		5.0167
Sig.		.215	.064

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

Lampiran 5. Hasil Uji Laboratorium Senyawa Bioaktif Ekstrak Daun Pecut Kuda

**LABORATORIUM
CENTRAL RISET & DIAGNOSTIK
KLINIK HEWAN SATWA SEHAT MALANG**
Jl. Dako No. 52, Tidar Malang | Nomor SIVET : 128.10000.340951.0001

Kepada
Chilya Jazilah As-saadah

Tanggal Hasil Sampel
Selasa, 7 April 2026

Jenis Dokumen
Hasil Pemeriksaan

Jenis Pemeriksaan
Histopatologi
Biomolekuler
Patologi Klinik
X **Elisa**

Pemeriksa Sampel :
drh. Dewi Mariyam

Intansi : UIN Malang

Jenis Sampel : Ekstrak Pecut Kuda

Metode Pemeriksaan : Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui kadar Flavonoid dll pada sampel yang dikirimkan. pemeriksaan menggunakan pemeriksaan ini menggunakan **ELISA Reader Diatek DR-200BC.**

Malang, 7 April 2026
Dokter Hewan Pemeriksa
SATWA SEHAT INDONESIA
(drh. Dewi Mariyam)

*Menggandakan, menggunakan dan menyebarkan dokumen ini diluar ijin adalah termasuk tindakan melawan hukum.

Email : laboratorium@satwasehatindonesia.com
Website : www.lab.satwasehatindonesia.com
Katalog : www.lab.satwasehatindonesia.com

CS Dipindai dengan CamScanner

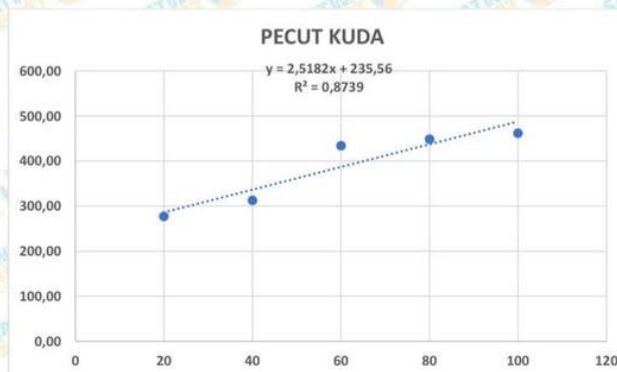


LABORATORIUM CENTRAL RISET & DIAGNOSTIK KLINIK HEWAN SATWA SEHAT MALANG

Jl. Dako No. 52, Tidar Malang | Nomor SIVET : 128.10000.340951.0001

II. Hasil Pengukuran Kadar

SEDIAAN	KONSENTRASI (PPM)	ABSORBANSI							
		Blanko	30 MENIT				FLAVONOID AWAL (mg/L)	FLAVONOID TOTAL (mg QE/gram)	% FLAVONOID
			U1	U2	U3	RERATA			
PECUT KUDA	20	0,15	0,347	0,410	0,420	0,392	27,72	277,18	27,72%
	40	0,15	0,343	0,478	0,415	0,412	31,28	312,78	31,28%
	60	0,15	0,434	0,477	0,525	0,479	43,38	433,83	43,38%
	80	0,15	0,441	0,485	0,534	0,487	44,82	448,19	44,82%
	100	0,15	0,447	0,492	0,542	0,494	46,13	461,30	46,13%



*Menggandakan, menggunakan dan menyebarkan dokumen ini diluar ijin adalah termasuk tindakan melanggar hukum.



Email : laboratorium@satwasehatindonesia.com
Website : www.lab.satwasehatindonesia.com
Katalog : www.lab.satwasehatindonesia.com

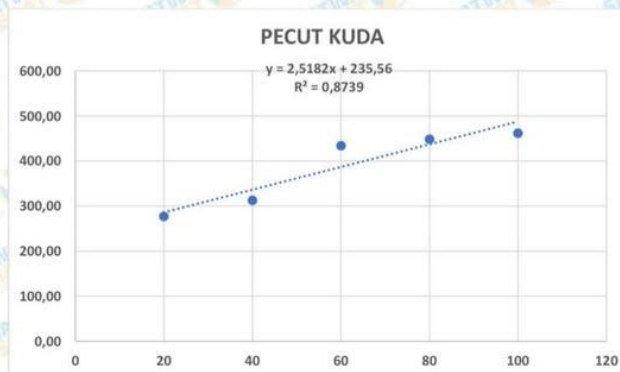


LABORATORIUM CENTRAL RISET & DIAGNOSTIK KLINIK HEWAN SATWA SEHAT MALANG

Jl. Dako No. 52, Tidar Malang | Nomor SIVET : 128.10000.340951.0001

II. Hasil Pengukuran Kadar

SEDIAAN	KONSENTRASI (PPM)	ABSORBANSI							
		Blanko	30 MENIT				FLAVONOID AWAL (mg/L)	FLAVONOID TOTAL (mg QE/gram)	% FLAVONOID
			U1	U2	U3	RERATA			
PECUT KUDA	20	0,15	0,347	0,410	0,420	0,392	27,72	277,18	27,72%
	40	0,15	0,343	0,478	0,415	0,412	31,28	312,78	31,28%
	60	0,15	0,434	0,477	0,525	0,479	43,38	433,83	43,38%
	80	0,15	0,441	0,485	0,534	0,487	44,82	448,19	44,82%
	100	0,15	0,447	0,492	0,542	0,494	46,13	461,30	46,13%



*Menggandakan, menggunakan dan menyebarkan dokumen ini diluar ijin adalah termasuk tindakan melawan hukum



Email : laboratorium@satwasehatindonesia.com
Website : www.lab.satwasehatindonesia.com
Katalog : www.lab.satwasehatindonesia.com

Dipinda dengan Qr Scanner



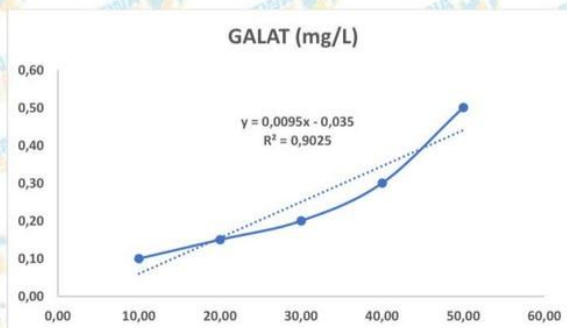
LABORATORIUM CENTRAL RISET & DIAGNOSTIK KLINIK HEWAN SATWA SEHAT MALANG

Jl. Dako No. 52, Tidar Malang | Nomor SIVET : 128.10000.340951.0001

KADAR FENOLITIK

KURVA STANDAR

CONCENTRATION	OD
ppm	nm
50,00	0,50
40,00	0,30
30,00	0,20
20,00	0,15
10,00	0,10



*Menggandakan, menggunakan dan menyebarkan dokumen ini diluar ijin adalah termasuk tindakan melawan hukum.

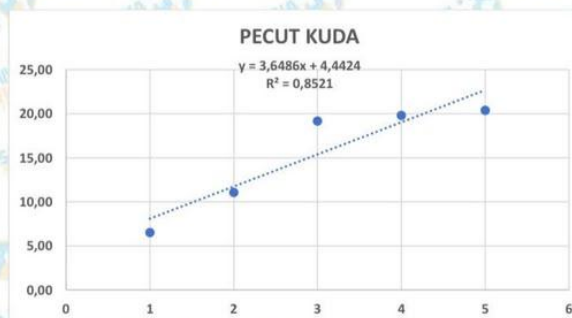
Email : laboratorium@satwasehatindonesia.com
Website : www.lab.satwasehatindonesia.com
Katalog : www.lab.satwasehatindonesia.com



LABORATORIUM CENTRAL RISET & DIAGNOSTIK KLINIK HEWAN SATWA SEHAT MALANG

Jl. Dako No. 52, Tidar Malang | Nomor SIVET : 128.10000.340951.0001
ABSORBANSI

SEDIAAN	KONSENTRASI (PPM)	Blanko	30 MENIT					FENOLIK TOTAL (mg QE/gram)	% FENOLIK
			U1	U2	U3	RERATA	FENOLIK AWAL (mg/L)		
PECUT KUDA	20	0,15	0,266	0,251	0,223	0,247	6,51	65,09	6,51%
	40	0,15	0,263	0,289	0,318	0,290	11,07	110,73	11,07%
	60	0,15	0,333	0,366	0,403	0,367	19,17	191,67	19,17%
	80	0,15	0,338	0,372	0,409	0,373	19,80	198,05	19,80%
	100	0,15	0,343	0,378	0,416	0,379	20,39	203,87	20,39%



*Mengandakan, menggunakan dan menyebarluaskan dokumen ini diluar ijin adalah termasuk tindakan melawan hukum.



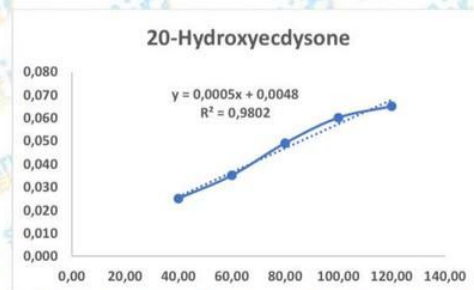
LABORATORIUM CENTRAL RISET & DIAGNOSTIK KLINIK HEWAN SATWA SEHAT MALANG

Jl. Dako No. 52, Tidar Malang | Nomor SIVET : 128.10000.340951.0001

PENGUKURAN KADAR STEROID

KURVA STANDAR

CONCENTRATION	OD
ppm	nm
120,00	0,065
100,00	0,060
80,00	0,049
60,00	0,035
40,00	0,025



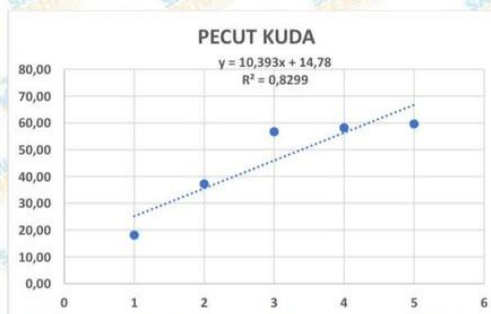
*Menggandakan, menggunakan dan menyebarkan dokumen ini diluar ijin adalah termasuk tindakan melawan hukum.



LABORATORIUM CENTRAL RISET & DIAGNOSTIK KLINIK HEWAN SATWA SEHAT MALANG

Jl. Dako No. 52, Tidar Malang | Nomor SIVET : 128.10000.340951.0001

SEDIAAN	KONSENTRASI (PPM)	30 MENIT				
		U1	U2	U3	RERATA	STEROID (mg/L)
PECUT KUDA	20	0,014	0,017	0,011	0,014	18,13
	40	0,023	0,027	0,020	0,023	37,20
	60	0,032	0,036	0,031	0,033	56,67
	80	0,033	0,037	0,032	0,034	58,20
	100	0,033	0,038	0,033	0,035	59,60



*Menggandakan, menggunakan dan menyebarkan dokumen ini diluar ijin adalah termasuk tindakan melawan hukum.

Email : laboratorium@satwasehatindonesia.com
Website : www.satwasehatindonesia.com
Katalog : www.lab.satwasehatindonesia.com

Dipindai dengan CamScanner

Lampiran 6. Determinasi Tanaman Pecut Kuda



PEMERINTAH PROVINSI JAWA TIMUR
DINAS KESEHATAN
UPT LABORATORIUM HERBAL MATERIA MEDICA BATU
Jalan Lahor Nomor 87, Pesanggrahan, Kota Batu, Jawa Timur 65313
Telepon 0341 593396, Laman materiamedica.jatimprov.go.id,
Pos el materiamedicabatu@jatimprov.go.id

Batu, 07 Oktober 2025

Nomor : 000.9.3/3670/102.20/2025
Sifat : Terbuka
Hal : Determinasi Tanaman Pecut Kuda

Memenuhi permohonan saudara :

Nama : Nahdya Zahara Arrohma
NIM/NIP/NIK : 220602110043
Sekolah : Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

1. Perihal determinasi tanaman pecut kuda
 - Suku : *Verbenaceae*
 - Marga : *Stachytarpheta*
 - Jenis : *Stachytarpheta jamaicensis* (L.) Vahl.
 - Nama Daerah : Pecut kuda, jarong (Sunda), biron, karomenal, sekar laru, ngadirenggo (Jawa).
 - Kunci Determinasi : 1b-2b-3b-4b-6b-7b-9a-41b-42b-43a-44b-45b-48b-49a: *Verbenaceae*-
1b-2b-3a-4a: *Stachytarpheta*-1b: *S. jamaicensis*.
2. Deskripsi : Batang: Terna tahunan, tegak, tinggi 20-90 cm. Daun: Tunggal, bertangkai, letak berhadapan, helaian daun berbentuk bulat telur, pangkal menyempit, ujung runcing, tepi bergerigi, permukaan jelas berlekuk-lekuk, panjang 4-8 cm, lebar 3-6 cm, berwarna hijau tua. Bunga: Majemuk tersusun dalam poros bulir yang memanjang, seperti pecut, panjangnya 4-20 cm, bunga mekar dalam waktu yang berbeda, ukurannya kecil, berwarna ungu, jarang berwarna putih. Buah: Berbentuk garis, berbiji 2. Biji: Berbentuk jarum, berwarna hitam.
3. Bagian yang digunakan : Daun.
4. Penggunaan : Penelitian.
5. Daftar Pustaka
 - Van Steenis, CGGJ. 2008. *FLORA: untuk Sekolah di Indonesia*. Pradnya Paramita, Jakarta.

Demikian surat keterangan determinasi ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Kepala UPT Laboratorium Herbal
Materia Medica Batu

RATNA YULIANTI, M.M.
Pembina Tingkat I
NIP 197107112000122002

Lampiran 7. Jurnal Bimbingan



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon (0341)551354, Fax (0341) 572533
Website: <http://www.uin-malang.ac.id> Email: info@uin-malang.ac.id

JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 220602110079
 Nama : CHILYA JAZILAH AS-SAADAH
 Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
 Jurusan : BIOLOGI
 Dosen Pembimbing 1 : Kholifah Holil, M.Si
 Dosen Pembimbing 2 : DIDIK WAHYUDI, S.Si., M.Si
 Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : Pengaruh Ekstrak Etanol 70% Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata* balbisiana) Terhadap Aktivitas dan Kapasitas fagositosis Sel Makrofag Peritoneum Mencit Secara In Vitro

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	27 Februari 2025	Kholifah Holil, M.Si	Konsultasi topik	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
2	21 Mei 2025	Kholifah Holil, M.Si	Konfirmasi jurnal acuan penelitian	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
3	10 Juni 2025	Kholifah Holil, M.Si	Bahasan parameter	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
4	04 Agustus 2025	Kholifah Holil, M.Si	Konsultasi parameter	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
5	06 Agustus 2025	Kholifah Holil, M.Si	Konsultasi judul skripsi	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
6	26 Agustus 2025	Kholifah Holil, M.Si	Konsultasi rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
7	03 September 2025	Kholifah Holil, M.Si	Konsultasi BAB III Metode Penelitian	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
8	15 September 2025	Kholifah Holil, M.Si	Konsultasi revisi BAB III dan Latar Belakang	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
9	19 September 2025	Kholifah Holil, M.Si	Konsultasi BAB I	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
10	22 September 2025	DIDIK WAHYUDI, S.Si., M.Si	Pengantar penulisan integrasi Al-Quran	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
11	26 September 2025	Kholifah Holil, M.Si	Konsultasi revisi BAB I	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
12	29 September 2025	DIDIK WAHYUDI, S.Si., M.Si	Konsultasi integrasi BAB I	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
13	03 Oktober 2025	Kholifah Holil, M.Si	Revisi proposal skripsi	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
14	03 Oktober 2025	DIDIK WAHYUDI, S.Si., M.Si	Revisi integrasi BAB I	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
15	08 Oktober 2025	DIDIK WAHYUDI, S.Si., M.Si	Revisi integrasi BAB I, II	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
16	09 Oktober 2025	DIDIK WAHYUDI, S.Si., M.Si	Konsultasi Revisi BAB I,II	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
17	10 Oktober 2025	Kholifah Holil, M.Si	ACC proposal bab I-III	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
18	24 April 2026	Kholifah Holil, M.Si	Konsultasi hasil penelitian	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
19	05 Mei 2026	Kholifah Holil, M.Si	Konsultasi data penelitian	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
20	18 Mei 2026	DIDIK WAHYUDI, S.Si., M.Si	Konsultasi Integrasi BAB IV	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
21	19 Mei 2026	DIDIK WAHYUDI, S.Si., M.Si	Revisi integrasi BAB IV	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi

22	20 Mei 2026	DIDIK WAHYUDI, S.Si., M.Si	ACC Integrasi BAB IV	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
23	22 Mei 2026	Kholifah Holil, M.Si	Konsultasi pembahasan	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi
24	26 Mei 2026	Kholifah Holil, M.Si	Konsultasi revisi BAB IV, abstrak dan BAB V	Genap 2025/2026	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2



DIDIK WAHYUDI, S.Si., M.Si



Kaprodi, Kabrodi,

Malang, _____
Dosen Pembimbing 1



Kholifah Holil, M.Si

Lampiran 8. Form Cek Plagiasi



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI
 Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933
 Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

Form Checklist Plagiasi

Nama : Chilya Jazilah As-saadah
NIM : 220602110079
Judul : Pengaruh Ekstrak Etanol 70% Daun Pecut Kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*) Terhadap Aktivitas dan Kapasitas Fagositosis Sek Makrofag Peritoneum Secara In Vitro

No	Tim Check plagiasi	Skor Plagiasi	TTD
1	Azizatur Rohmah, M.Sc		
2	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc		
3	Bayu Agung Prahardika, M.Si		
4	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc		
5	Maharani Retna Duhita, M.Sc., PhD.Med.Sc	9%	

Mengetahui,
 Ketua Program Studi Biologi



Prof. Dr. Retno Susilowati, M.Si
 NIP. 19671113 199402 2 001