

PENGARUH PEMBERIAN SUSU KAMBING PASTEURISASI TERHADAP KADAR IMUNOGLOBULIN DAN RESPON EKSRESI GEN PADA MENCIT

UMI LAILASARI



**PROGRAM STUDI BIOTEKNOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI PROPOSAL TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa proposal tesis dengan judul “Pengaruh Pemberian Susu Kambing Pasteurisasi Terhadap Kadar Immunoglobulin dan Respon Ekspresi Gen pada Mencit” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari tesis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Oktober 2025

Umi Lailasari
P0501231004

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



- 

RINGKASAN

UMI LAILASARI. Pengaruh Pemberian Susu Kambing Pasteurisasi Terhadap Kadar Immunoglobulin dan Respon Ekspresi Gen pada Mencit. Dibimbing oleh HUDA SHALAHUDIN DARUSMAN, EPI TAUFIK dan CAHYO BUDIMAN.

Pangan fungsional merupakan pangan yang mengandung komponen aktif yang dapat memberikan manfaat bagi kesehatan diluar manfaat yang diberikan oleh zat-zat yang terkandung didalamnya. Salah satu pangan fungsional yang banyak dijumpai saat ini adalah susu. Susu merupakan produk hasil peternakan yang berasal dari ambung hewan perah yang memiliki kandungan gizi sebagai sumber nutrisi yang lengkap meliputi karbohidrat (laktosa), protein (asam amino), lemak, mineral, dan vitamin yang dibutuhkan oleh manusia. Selain itu, susu juga mengandung zat yang dapat meningkatkan imunitas tubuh karena mengandung protein dalam bentuk immunoglobulin (A dan G), laktoferin, lisozim, dan laktoperoksidase. Namun, laktosa yang terkandung dalam susu dapat menyebabkan *lactose intolerance* pada beberapa orang. Oleh karena itu, susu kambing digunakan sebagai salah satu alternatif pengganti susu sapi. Susu kambing memiliki laktosa dan protein yang sama seperti pada susu sapi, tetapi terdapat perbedaan pada struktur dan imunologinya. Pada susu kambing mengandung asam lemak rantai menengah dan globula lipid yang relatif kecil jika dibandingkan dengan susu sapi sehingga daya cerna lebih mudah. Susu kambing mengandung beberapa senyawa bioaktif, phosphopeptida, kasein, serta laktoferin.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bahwa susu kambing bersifat imunomodulator melalui pengujian biologis serta level ekspresi gen yang terbentuk sebagai dasar pengembangan pangan fungsional. Penelitian ini mencakup pemberian susu kambing pada hewan uji berupa mencit sesuai dengan dosis yang telah dikonversi sesuai kebutuhan pada manusia berdasarkan WHO. Analisis dari respon imun dilakukan dengan mengukur kadar immunoglobulin serta ekspresi gen yang terbentuk. Pada pengukuran immunoglobulin meliputi pengukuran kadar IgA dan G menggunakan sampel darah yang diambil melalui *cardiac puncture* pada hari ke 21 menggunakan metode ELISA. Sedangkan pengujian ekspresi gen dilakukan pada hari ke-21 yang diamati dari kadar RNA limpa. Pengujian ekspresi gen menggunakan RT-qPCR.

Hasil penelitian menunjukkan nilai analisis proksimat kandungan protein 5,80%, lemak 6,60%, karbohidrat 8,40%, dan energi 116,24 kkal/100 g. Pemberian susu kambing pasteurisasi meningkatkan pencernaan nutrisi, sementara perubahan berat badan menunjukkan pola non-linier. Hasil ELISA dan analisis ekspresi gen menunjukkan pola respons imun bifasik dan bergantung dosis (dose-dependent). Ekspresi TLR2 dan kadar IgA meningkat seiring dengan peningkatan dosis (dose-dependent), sementara kadar IgG, IL-2, TNF- α , dan Fc γ RI meningkat pada dosis rendah dan menurun pada dosis sedang-tinggi (bifasik). Hasil ini menunjukkan bahwa susu kambing mampu merangsang sistem imun baik secara humoral maupun melalui aktivasi jalur ekspresi gen tertentu. Perbedaan dosis menunjukkan respons yang proporsional terhadap peningkatan kadar immunoglobulin dan ekspresi gen, dengan dosis tertentu menunjukkan efek sebagai imunomodulator.

Kata kunci : ekspresi gen, immunoglobulin, respon imun, susu kambing

SUMMARY

UMI LAILASARI. Effect of Pasteurized Goat Milk on Immunoglobulin Levels and Gene Expression Response in Mice. Supervised by HUDA SHALAHUDIN DARUSMAN, EPI TAUFIK and CAHYO BUDIMAN.

Functional foods contain active ingredients that can provide health benefits beyond those provided by the substances they contain. One of the most common functional foods today is milk. Milk is an animal product derived from the udders of dairy animals that contains nutrients as a complete source of nutrition, including carbohydrates (lactose), protein (amino acids), fat, minerals, and vitamins needed by humans. In addition, milk also contains substances that can boost immunity because it contains proteins in the form of immunoglobulins (A and G), lactoferrin, lysozyme, and lactoperoxidase. However, the lactose in milk can cause lactose intolerance in some people. Therefore, goat's milk is an alternative to cow's milk. Goat milk has the same lactose and protein content as cow's milk, but there are differences in its structure and immunology. Goat milk contains medium-chain fatty acids and relatively small lipid globules compared to cow's milk, making it easier to digest. Goat milk contains several bioactive compounds, phosphopeptides, casein, and lactoferrin.

This study aims to determine that goat milk has immunomodulatory properties through biological testing and gene expression levels as a basis for the development of functional foods. According to the WHO, this study involves administering goat milk to test animals in the form of mice according to doses that have been converted based on human requirements. The immune response was analyzed by measuring immunoglobulin levels and gene expression. Immunoglobulin measurements included measuring IgA and IgG levels using the ELISA method using blood samples taken via cardiac puncture on day 21. Meanwhile, gene expression testing was carried out on day 21, based from spleen RNA levels. Gene expression testing used RT-qPCR.

The results showed that the approximate protein content was 5.80%, fat 6.60%, carbohydrates 8.40%, and energy 116.24 kcal/100 g. The administration of pasteurized goat milk increased nutrient digestibility, while changes in body weight showed a non-linear pattern. ELISA and gene expression analysis showed biphasic and dose-dependent immune response patterns. TLR2 expression and IgA levels increased with increasing doses (dose-dependent), while IgG, IL-2, TNF- α , and Fc γ RI levels increased at low doses and decreased at medium-high doses (biphasic). These results indicate that goat milk can stimulate the immune system both humoral and by activating specific gene expression pathways. Dose differences show a proportional response to increases in immunoglobulin levels and gene expression, with specific doses exhibiting immunomodulatory effects.

Keywords: gene expression, immunoglobulin, immune response, goat milk



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2025 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PENGARUH PEMBERIAN SUSU KAMBING PASTEURISASI TERHADAP KADAR IMUNOGLOBULIN DAN RESPON EKSPRESI GEN PADA MENCIT

UMI LAILASARI

Tesis
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains
pada Program Studi Bioteknologi

**PROGRAM STUDI BIOTEKNOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Tesis : Pengaruh Pemberian Susu Kambing Pasteurisasi Terhadap Kadar Immunoglobulin dan Respon Ekspresi Gen pada Mencit
Nama : Umi Lailasari
NIM : P0501231004

Disetujui oleh,

Pembimbing 1:
Prof. Dr. drh. Huda Shalahudin Darusman, M.Si.



Pembimbing 2:
Prof. Dr. Epi Taufik, S.Pt., MVPH., M.Si.



Pembimbing 3:
Dr. Cahyo Budiman, S.Pt., M.Eng.



Diketahui oleh,

Ketua Program Studi Bioteknologi:
Prof. Dr. Ir. Miftahudin, M.Si.
NIP. 196204191989031001

Dekan Sekolah Pascasarjana:
Prof. Dr. Ir. Dodik Ridho Nurrochmat, M.Sc. F. Trop., IPU.
NIP. 197003291996081001



Tanggal Ujian: 21 Oktober 2025

Tanggal Lulus: 12 NOV 2025



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah yang berjudul “Pengaruh Pemberian Susu Kambing Pasteurisasi Terhadap Kadar Imunoglobulin dan Respon Ekspresi Gen pada Mencit”. Karya ilmiah ini dibuat guna memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar magister sains pada Program Studi Bioteknologi, Sekolah Pascasarjana, IPB University. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. drh. Huda Shalahudin Darusman, M.Si., Prof. Dr. Epi Taufik, S.Pt., MVPH., M.Si. dan Dr. Cahyo Budiman, S.Pt., M.Eng, selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan, motivasi, arahan, dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis mulai dari pembuatan judul, penulisan proposal, persiapan penelitian hingga terselesaikannya tesis ini.
2. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Kusairi dan Ibu Sartini, serta kakak penulis bernama Susanti Silalatu Sakdiyah serta keluarga yang telah memberikan dukungan, semangat dan doa bagi penulis.
3. Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) yang telah memberikan dana beasiswa penuh kepada penulis sehingga penulis berkesempatan untuk melanjutkan pendidikan pada tingkat Magister.
4. Teman yang kebersamai saya selama penelitian berlangsung sejak duduk di bangku strata 1 yaitu Ridho Pambudi, S.Pt., dan Berliana Arifa Noer Shodiq, S.Pt., serta tak lupa teman yang membantu dalam menyusun thesis ini yaitu Noer Syahbani, S.Si. M.Si.
5. Laboran dan staf Pusat Studi Satwa Primata (PSSP) IPB dan Rumah Sakit Hewan IPB untuk segala bantuan yang diberikan selama penelitian berlangsung.
6. Teman-teman mahasiswa Bioteknologi angkatan 2023 yang selalu memberikan semangat, dukungan, doa, dan menjadi teman dalam berdiskusi baik selama masa perkuliahan, penelitian hingga penyusunan tesis ini.
7. Seluruh pihak lainnya yang telah membantu penulis hingga terselesaikannya tesis ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga penelitian ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan, kemajuan ilmu pengetahuan dan dapat terlaksana dengan baik kedepannya.

Bogor, Oktober 2025

Umi Lailasari



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	3
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Susu Kambing Pasteurisasi	5
2.2 Sistem Imun	6
2.3 Imunoglobulin A (IgA) dan Imunoglobulin G (IgG)	7
2.4 Ekspresi Gen	8
III METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Prosedur Kerja	13
3.3.1 Kerangka Penelitian	13
3.3.2 Persiapan Sampel Susu Kambing	14
3.3.3 Persiapan dan Perlakuan Hewan Uji	15
3.3.4 Pengukuran Imunoglobulin dengan Metode ELISA	15
3.3.5 Analisis Ekspresi Gen Respon Imun	16
3.4 Analisis Data	18
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Analisis Proksimat Susu Kambing	19
4.2 Pengaruh Pemberian Susu Kambing Pasteurisasi Terhadap Bobot Badan Mencit	20
4.3 Kadar Imunoglobulin	22
4.4 Respon Ekspresi Gen Terkait Imunitas	27
4.5 Efek Pemberian Susu Kambing Pasteurisasi Terhadap Sistem Imunitas secara Keseluruhan	36
V SIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	51
RIWAYAT HIDUP	65



DAFTAR TABEL

1 Komposisi kandungan berbagai macam susu	5
2 Primer amplifikasi RT-qPCR	18
3 Pengujian proksimat susu kambing pasteurisasi	19

DAFTAR GAMBAR

Skema rencana penelitian	14
Perkembangan bobot badan mencit (gram) dari minggu ke-1 hingga minggu ke-4 setelah pemberian susu kambing pasteurisasi.	20
Nilai rata-rata konsentrasi IgA pada mencit yang diberi perlakuan susu kambing pasteurisasi.	22
Nilai rata-rata konsentrasi IgG pada mencit yang diberi perlakuan susu kambing pasteurisasi.	25
Nilai relative ekspresi gen TLR2 pada mencit yang diberi perlakuan susu kambing pasteurisasi.	27
Nilai relative ekspresi gen TNF- α pada mencit yang diberi perlakuan susu kambing pasteurisasi.	29
Nilai relative ekspresi gen IL-2 pada mencit yang diberi perlakuan susu kambing pasteurisasi.	31
Nilai relative ekspresi gen Fc γ RI pada mencit yang diberi perlakuan susu kambing pasteurisasi.	32

DAFTAR LAMPIRAN

1 Surat asal hewan penelitian	52
2 Metode analisis proksimat AOAC	53
3 Surat persetujuan komisi etik hewan	55
4 Borang fisiologis mencit selama perlakuan	56
5 Konsentrasi RNA limpa mencit	57
6 Perkembangan bobot badan mencit	58
7 Kecernaan mencit	58
8 Perhitungan kadar immunoglobulin A (IgA)	59
9 Perhitungan kadar immunoglobulin G (IgG)	60
10 Perhitungan ekspresi gen <i>Toll-Like Receptor-2</i> (TLR2)	61
11 Perhitungan ekspresi gen <i>Tumor Necrosis Factor- α</i> (TNF- α)	62
12 Perhitungan ekspresi gen <i>Interleukin-2</i> (IL-2)	63
13 Perhitungan ekspresi gen <i>FC Receptor gamma I</i> (Fc γ RI)	64