

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN .....	iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME .....	v
PRAKATA .....	vi
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL .....	xv
INTISARI .....	xvi
<i>ABSTRACT</i> .....	xvii
 I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang .....	1
B. Permasalahan .....	6
C. Tujuan Penelitian .....	6
D. Manfaat Penelitian .....	7
E. Keaslian Penelitian dan Kebaruan .....	7
F. Ruang Lingkup Penelitian .....	16
 II. TINJAUAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS	
A. Tinjauan Pustaka	
1. Sejarah, Taksonomi, dan Identifikasi Spesies Marmut .....	17
2. Biologi Marmut .....	19
3. Marmut Sebagai Model Hewan dalam Percobaan .....	21
4. Pemeliharaan Marmut sebagai Hewan Laboratorium .....	23
5. Kulit dan Peranannya dalam Kesehatan .....	27
6. Sinar Ultraviolet dan Pengaruhnya terhadap Kulit .....	29
7. Hewan Laboratorium untuk Penelitian <i>Photoaging</i> .....	35
B. Hipotesis .....	37
 III. METODE PENELITIAN	
A. <i>Ethical Clearance</i> .....	39
B. Tahapan Penelitian .....	39

1. Identifikasi spesies secara morfologis dan molekular berdasarkan metode <i>DNA barcoding</i> menggunakan gen penanda <i>cytochrome c oxygenase subunit I (COI)</i> .....	39
a. Waktu dan Tempat .....	39
b. Bahan .....	39
c. Alat .....	41
d. Cara Kerja .....	42
e. Analisis Data .....	43
2. Aklimatisasi dan penentuan nilai interval rujukan untuk profil fisiologis dan kesehatan marmut ( <i>baseline</i> ) .....	44
a. Waktu dan Tempat .....	44
b. Bahan .....	45
c. Alat .....	45
d. Cara Kerja .....	47
e. Analisis Data .....	49
3. Program <i>selective breeding</i> untuk pembentukan koloni marmut <i>tortoiseshell</i> sebagai model kulit manusia di kawasan tropis .....	49
a. Waktu dan Tempat .....	49
b. Bahan .....	50
c. Alat .....	50
d. Cara Kerja .....	50
e. Analisis Data .....	53
4. Perbandingan struktur dan kondisi kulit mencit, tikus, dan marmut sebagai model hewan dalam penelitian dermatologi dan kedokteran estetika .....	53
a. Waktu dan Tempat .....	53
b. Bahan .....	53
c. Alat .....	54
d. Cara Kerja .....	54
e. Analisis Data .....	55
5. Percobaan induksi ultraviolet B (UVB) untuk model <i>photodermatology</i> , terutama tanda-tanda <i>photoaging</i> .....	56
a. Waktu dan Tempat .....	56
b. Bahan .....	56
c. Alat .....	57
d. Cara Kerja .....	59
e. Analisis Data .....	61

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi spesies secara morfologis dan molekular berdasarkan metode <i>DNA barcoding</i> menggunakan gen penanda <i>cytochrome c oxygenase subunit I (COI)</i> .....	62
---	----

1. Identifikasi spesies marmut secara morfologis dan berdasarkan distribusinya di dunia .....	62
2. Identifikasi spesies marmut tingkat molekular .....	64
B. Aklimatisasi dan penentuan nilai interval rujukan untuk profil fisiologis dan kesehatan marmut ( <i>baseline</i> ) .....	68
1. Penampilan secara umum ( <i>General appearance</i> ) .....	68
2. Pengandangan .....	70
3. Pemberian pakan dan air minum .....	72
4. Berat badan dan suhu badan .....	74
5. Profil hematologi .....	75
6. Uji fungsi hati dan ginjal .....	76
7. Parasit .....	77
8. Perilaku dan aktivitas .....	79
C. Program <i>selective breeding</i> untuk pembentukan koloni marmut <i>tortoiseshell</i> sebagai model kulit manusia di kawasan tropis .....	81
D. Perbandingan struktur dan kondisi kulit mencit, tikus, dan marmut sebagai model hewan dalam penelitian dermatologi dan kedokteran estetika .....	89
E. Perbandingan antara kulit marmut <i>tricolor</i> , marmut <i>tortoiseshell</i> , dan manusia ( <i>tan</i> ) .....	97
F. Percobaan induksi ultraviolet B (UVB) untuk model <i>photodermatology</i> , terutama tanda-tanda <i>photoaging</i> .....	102
1. Sumber dan dosis paparan UVB .....	102
2. Perbandingan struktur makroskopik kulit mencit, tikus, dan marmut sebelum dan setelah paparan lampu UVB-TL.....	104
3. Struktur mikroskopik kulit marmut sebelum dan setelah paparan lampu UVB-SL .....	106
4. Perbandingan kondisi kesehatan kulit mencit, tikus, dan marmut sebelum dan setelah paparan UVB .....	108
5. Pengaruh paparan UVB terhadap parameter fisiologis lainnya .....	110
G. Pembahasan Umum .....	116
V. KESIMPULAN DAN SARAN .....	119
A. Kesimpulan .....	119
B. Saran .....	120
RINGKASAN .....	123
SUMMARY .....	128
DAFTAR PUSTAKA .....	133
LAMPIRAN .....	140

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Penelitian-penelitian terkait photoaging menggunakan marmut sebagai hewan model (dibatasi 10 tahun terakhir) .....	10
Tabel 2.	Perbedaan karakteristik histopatologis dan fisiologis antara penuaan intrinsik dan penuaan ekstrinsik ( <i>photoaging</i> ) .....	32
Tabel 3.	Reagen <i>cocktail</i> PCR untuk satu sampel/reaksi DNA .....	41
Tabel 4.	Pengelompokan hewan coba dalam percobaan induksi UVB .....	59
Tabel 5.	Identifikasi spesies marmut berdasarkan morfologis, ekologis, dan genetika (Dunnum, 2015 dengan modifikasi) .....	63
Tabel 6.	Hasil analisis identifikasi spesies berdasarkan BLAST dan BOLD .....	65
Tabel 7.	Jarak genetik berdasarkan COI (dataset= 687 bp/229 asam amino) .....	67
Tabel 8.	Parameter lingkungan pemeliharaan marmut di fasilitas hewan <i>Animal House</i> Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta .....	71
Tabel 9.	Perbandingan status kesehatan antara marmut yang dipelihara di pasar hewan dan setelah dipindahkan ke fasilitas hewan .....	72
Tabel 10.	Performa reproduksi marmut di fasilitas hewan <i>Animal House</i> Fakultas Biologi UGM .....	83
Tabel 11.	Perbandingan karakter kulit antara mencit BALB/c, tikus Wistar, marmut <i>American tricolor</i> , dan marmut <i>American tortoiseshell</i> ...	92
Tabel 12.	Perbandingan ketebalan keratinosit antara kulit marmut <i>tricolor</i> , marmut <i>tortoiseshell</i> , dan manusia ( <i>tan</i> ) .....	98
Tabel 13.	Analisis kesehatan kulit pada marmut <i>tricolor</i> , marmut <i>tortoiseshell</i> , dan manusia ( <i>tan</i> ) menggunakan Skin Analyzer EH-900U.....	101
Tabel 14.	Sumber paparan UVB dalam percobaan ini .....	103
Tabel 15.	Perbandingan kondisi kulit mencit, tikus, dan marmut sebelum dan sesudah paparan UVB .....	109
Tabel 16.	Perbandingan berat badan mencit, tikus, dan marmut sebelum dan sesudah paparan UVB .....	110
Tabel 17.	Profil eritrosit mencit, tikus, dan marmut sebelum dan setelah paparan UVB .....	113
Tabel 18.	Profil leukosit mencit, tikus, dan marmut sebelum dan setelah paparan UVB .....	114
Tabel 19.	Profil trombosit mencit, tikus, dan marmut sebelum dan setelah paparan UVB .....	115

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Morfologi marmut liar dan marmut domestik .....	19
Gambar 2.	Induk marmut dan anakan yang baru saja dilahirkan .....	21
Gambar 3.	Empat tipe <i>breed</i> utama marmut .....	24
Gambar 4.	Contoh pengandangan marmut laboratorium .....	25
Gambar 5.	Struktur histologis kulit normal (epidermis) .....	28
Gambar 6.	Struktur histologis kulit normal (dermis) .....	28
Gambar 7.	Karakteristik sinar ultraviolet, kekuatan daya penetrasinya ke dalam lapisan kulit, dan kerusakan yang ditimbulkan .....	31
Gambar 8.	Desain kandang marmut di <i>Animal House</i> .....	42
Gambar 9.	Rancangan percobaan untuk <i>selective breeding</i> .....	52
Gambar 10.	Skema biopsi untuk pengambilan sampel kulit pada mencit ....	55
Gambar 11.	Desain <i>UVB-chamber</i> untuk percobaan iradiasi UVB. ....	58
Gambar 12.	Pencukuran rambut punggung marmut dan tikus .....	60
Gambar 13.	Beberapa marmut yang digunakan dalam penelitian ini .....	63
Gambar 14.	Rekonstruksi pohon filogenetik berdasarkan metode <i>Neighbor-Joining/Maximum Likelihood</i> (NJ/ML) .....	66
Gambar 15.	<i>Guinea Pig's Body Scoring Condition Chart (Size-O-Meter)</i> ...	69
Gambar 16.	Pengandangan marmut di salah satu kios di pasar hewan, setelah dipindahkan ke fasilitas hewan, dan penataan kandang marmut di ruangan di fasilitas hewan .....	70
Gambar 17.	Parasit yang ditemukan pada marmut .....	77
Gambar 18.	Perbandingan struktur histologis kulit mencit, tikus, dan marmut .....	96
Gambar 19.	Gambaran histologis kulit marmut <i>tricolor</i> , marmut <i>tortoiseshell</i> , dan manusia marmut ( <i>tan</i> ). ....	98
Gambar 20.	Perbandingan kulit mencit, tikus, dan marmut sebelum dan setelah penyinaran lampu UVB-TL selama 28 hari .....	105
Gambar 21.	Struktur makroskopik kulit marmut sebelum dan setelah penyinaran lampu UVB-SL selama 28 hari .....	106
Gambar 22.	Struktur mikroskopik kulit marmut sebelum dan setelah penyinaran lampu UVB-SL selama 28 hari .....	107
Gambar 23.	Perbandingan permukaan kulit mencit, tikus, dan marmut sebelum dan sesudah paparan UVB (Skin Analyzer EH-900U) .....	108

## DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

%	= persen
°C	= derajat Celcius
$\alpha$ -MSH	= <i><math>\alpha</math>-melanocyte-stimulating hormone</i>
$\lambda$	= <i>lambda</i> , panjang gelombang
$\mu$ W/cm <sup>2</sup>	= microWatt per sentimeter persegi
<i>12S rRNA</i>	= <i>gen 12S ribosomal ribonucleic acid</i>
25-OHD3	= <i>25-hydroxyvitamin D3</i>
6-4PP	= <i>6-4 photoproducts</i>
7DHC	= <i>7-dehydrocholesterol</i>
ALT	= <i>alanine aminotransferase</i>
AP	= <i>atrophic photoaging</i>
BCC	= <i>basal cell carcinoma</i>
BIL	= <i>bilirubin</i>
BLAST	= <i>Basic Local Alignment Search Tool</i>
BOLD	= <i>Barcode of Life Data System</i>
BT	= <i>bleeding time</i>
BUN	= <i>blood urea nitrogen</i>
CAT	= <i>catalase</i>
CBOL	= <i>Consortium for the Barcode of Life</i>
cm	= sentimeter
cm <sup>2</sup>	= sentimeter persegi
<i>COI</i>	= <i>cytochrome c oxidase subunit I</i>
CPD	= <i>cyclobutane-pyrimidine dimers</i>
CRE	= <i>creatinine</i>
CT	= <i>coagulation time</i>
<i>cytb</i>	= <i>cytochrome b</i>
dB	= <i>decibel</i>
DNA	= <i>deoxyribonucleic acid</i>
EDTA	= <i>ethylene diamine tetra acetic acid</i>
EGFR	= <i>epithelial growth factor receptor</i>
g bb	= gram berat badan
G	= <i>gauge</i>
g	= gram
<i>GLO</i>	= <i>L-gulonono-<math>\gamma</math>-lactone oxidase</i>
GPX	= <i>glutathione peroxidase</i>
GSH	= <i>glutathione</i>
HGB	= <i>hemoglobin</i>
HP	= <i>hypertrophic photoaging</i>
IL-1	= <i>interleukine-1</i>

ITIS	= <i>Interagency Taxonomic Information System</i>
PCR	= <i>polymerase chain reaction</i>
K <sub>2</sub> EDTA	= <i>dipotassium ethylene diamine tetra acetic acid</i>
K <sub>3</sub> EDTA	= <i>tripotassium ethylene diamine tetra acetic acid</i>
kHz	= kiloHertz
LED	= <i>light emitting diode</i>
LYM	= <i>lymphocyte</i>
MC1R	= <i>photoprotection oleh melanocortin 1 receptor</i>
MCH	= <i>mean corpuscular hemoglobin</i>
MCHC	= <i>mean corpuscular hemoglobin concentration</i>
MCV	= <i>mean corpuscular volume</i>
MED	= <i>minimal erythema dose</i>
Mg	= miligram
mg/kg bb	= miligram per kilogram berat badan
mg/kg/hari	= miligram per kilogram per hari
mJ/cm <sup>2</sup>	= miliJoule per sentimeter persegi
mL	= mililiter
MM	= <i>malignant melanoma</i>
MMP	= <i>matrix metalloprotease</i>
MPV	= <i>mean platelet volume</i>
MXD	= <i>mixed cells (eosinophil, basophil, monocyte)</i>
N/L	= <i>neutrophil/lymphocyte ratio</i>
NaCl	= <i>sodium chloride</i>
NBF	= <i>neutral buffered formalin</i>
NEU	= <i>neutrophil</i>
nm	= nanometer
NO	= <i>nitric oxide</i>
OCA	= <i>oculocutaneous albinism</i>
ECM	= <i>extracellular matrix</i>
PASTY	= Pasar Satwa dan Tanaman Hias Yogyakarta
PCT	= <i>plateletcrit</i>
PDW	= <i>platelet distribution width</i>
PGE-2	= prostaglandin E2
P-LCR	= <i>platelet-large cell ratio</i>
PLT	= <i>platelet</i>
ppm	= <i>part per million</i>
PVC	= <i>poly vinyl chloride</i>
RBC	= <i>red blood cell</i>
RNS	= <i>reactive nitrogen species</i>
ROS	= <i>reactive oxygen species</i>
SCC	= <i>squamous cell carcinoma</i>
SM	= sebelum masehi

SOD	= <i>superoxide dismutase</i>
TAGVHD	= <i>transfusion associated graft versus host disease</i>
TNF- $\alpha$	= <i>tumor necrosis f-<math>\alpha</math></i>
USG	= <i>ultrasonography</i>
UV	= ultraviolet
UVA	= ultraviolet A
UVB	= ultraviolet B
UVB-SL	= <i>ultraviolet B-spotlight</i>
UVB-TL	= <i>ultraviolet B-tubelight</i>
UVC	= ultraviolet C
WBC	= <i>white blood cell</i>