

**VARIASI MORFOLOGI TIKUS *Sundamys* (ORDO: RODENTIA) ASAL
POPULASI KALIMANTAN DAN SUMATERA**

SKRIPSI



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh:

ALFIYATUR RAHMAH

NIM H01216004

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA
2020**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Alfiyatur Rahmah

NIM : H01216004

Program Studi : Biologi

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul: “VARIASI MORFOLOGI TIKUS *Sundamys* (ORDO: RODENTIA) ASAL POPULASI KALIMANTAN DAN SUMATERA”. Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 20 Mei 2020

Yang menyatakan,



Alfiyatur Rahmah

NIM. H01216004

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi Oleh

NAMA : Alfiyatur Rahmah

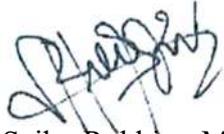
NIM : H01216004

JUDUL : Variasi Morfologi Tikus *Sundamys* (Ordo: Rodentia) Asal
Populasi Kalimantan Dan Sumatera

Telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 20 Mei 2020

Dosen Pembimbing 1



Saiku Rokhim, MKKK.
NIP. 198612212014031001

Dosen Pembimbing 2



Saiful Bahri, M.Si.
NIP. 198804202018011002

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Alfiyatur Rahmah ini telah dipertahankan di depan tim penguji skripsi
di Surabaya, 4 Juni 2020

Mengesahkan
Dewan Penguji

Penguji I



Saiku Rokhim, MKKK
NIP. 198612212014031001

Penguji II



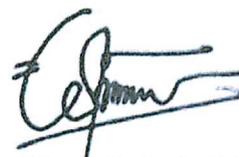
Saiful Bahri, M.Si.
NIP. 198804202018011002

Penguji III



Nirmala Fitria Firdhausi, M.Si.
NIP. 198506252011012010

Penguji IV



Ita Ainuh Jariyah, M.Pd.
NIP. 198612052019032012

Mengetahui,

Plt. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya



Dr. Hj. Evi Fatimatul Rusydiyah, M.Ag
NIP. 197312272005012003



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Alfiyatur Rahmah
NIM : H01216004
Fakultas/Jurusan : SAINTEK/BIOLOGI
E-mail address : veraalfiyah@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Sekripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)
yang berjudul :

VARIASI MORFOLOGI TIKUS *Sundamys* (ORDO: RODENTIA) ASAL POPULASI

KALIMANTAN DAN SUMATERA

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/formatkan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 4 Juni 2020

Penulis

(Alfiyatur Rahmah)

sebagian besar hewan pengerat yang ditemukan di Asia, baik hama maupun non-hama (Aplin *et al.*, 2003 dan Baco, 2011).

Tikus merupakan anggota dari Ordo Rodentia, Kelas Mamalia. Tikus termasuk salah satu jenis mamalia yang berhasil dalam evolusi dan tersebar luas di Indonesia. Tikus dapat hidup berdampingan dengan manusia tetapi memiliki sifat parasitisme, yaitu dapat menyebabkan penyebaran penyakit, merusak perabot rumah tangga, dan berperan sebagai hama serius yang merusak tanaman, kebun buah, kebun, biji-bijian dan makanan yang disimpan. Tikus juga bersifat mutualisme dengan makhluk hidup lainnya, yaitu sebagai pemencar biji, membantu penyerbukan pada bunga, penyubur tanah, serta sebagai pengendali hama secara biologi (Suyanto, 2002; Pardhan & Talmale, 2009; Maharadatunkamsi, 2011; Marbawati & Hari, 2011; Nasir, 2017).

Tikus merupakan binatang pengerat yang dicirikan dengan adanya sepasang gigi seri tajam, berbentuk pahat di masing-masing rahang atas dan bawah, relatif tumbuh besar dan panjang, tidak ada taring dan tidak memiliki akar gigi, serta geraham dipisahkan dari gigi seri dengan celah panjang yang disebut dengan *diastama* (Pardhan & Talmale, 2009). Gigi seri pada tikus selalu mengalami pertumbuhan sepanjang hidupnya, sehingga harus selalu diasah dengan cara mengkrikrit benda-benda disekitarnya untuk mencegah pertumbuhan gigi seri agar tidak menembus tengkorak (Marbawati & Hari, 2011).

Genus *Sundamys* merupakan bagian dari Ordo Rodentia, Famili Muridae. Genus *Sundamys* memiliki ciri-ciri: tubuh yang sangat besar; ekor gelap yang

panjang; rambut yang lebat; rambut jarum hitam panjang yang menonjol di bagian atas; dan kaki dengan bantalan yang relatif kecil. Bagian tengkorak terdapat *foramina incisivum* yang tajam dan panjang yang berakhir di dekat geraham anterior; tulang palatum yang berakhir sedikit di posterior ke molar; *bula tympanica* relatif kecil; molar besar kekar dengan molar posterior yang relatif besar, bentuknya mirip dengan *Rattus*. Genus *Sundamys* memiliki rumus mammae 2+2 (Francis, 2019).

Genus *Sundamys* memiliki 3 spesies yang tersebar di dunia, yaitu *Sundamys infraluteus*, *Sundamys muelleri* dan *Sundamys maxi*. *Sundamys infraluteus* (Thomas 1888) dikenal dengan nama tikus gunung raksasa (Payne *et al.*, 1985) atau Mountain *Sundamys* (Wilson & Reeder, 2005). Musser & Newcomb (1983) mendefinisikan spesies lain dari genus ini yaitu tikus Müller atau *Sundamys Müller* (*Sundamys muelleri*) (Jentink 1880) yang mempunyai penyebaran sangat luas, meliputi Burma, Thailand, Malaysia, dan Indonesia yang mencakup Pulau Sumatra dan Kalimantan. Ketiga, Javan *Sundamys* atau *Sundamys maxi* (Sody 1932) adalah satu-satunya spesies yang hanya bisa dijumpai di dataran tinggi Jawa bagian barat dengan ketinggian 900-1350 m (distribusi dari Wilson & Reeder, 2005).

Kalimantan merupakan salah satu pulau besar di Indonesia dengan kekayaan jenis mamalia yang melimpah. Kalimantan memiliki 44 jenis mamalia endemik dari 222 jenis mamalia yang ada disana. Jumlah spesies tersebut menunjukkan nilai lebih besar jika dibandingkan dengan Sumatera yang hanya memiliki 23 spesies endemik. Sesuai dengan teori biogeografi pulau mengatakan bahwa luas pulau dan angka imbang antara migrasi dan

kepunahan lokal akan menentukan jumlah spesies yang ada pada pulau tersebut (Mustari dkk., 2010). Di antara mamalia asli Kalimantan, hewan pengerat muridae sangat beragam namun sangat tidak dikenal. Dua puluh enam spesies saat ini sudah teridentifikasi dan termasuk 9 spesies endemik Kalimantan (Payne *et al.*, 2000 dan Achmadi *et al.*, 2012). Sumatera memiliki topografi yang bervariasi yaitu mulai dari dataran rendah yang terletak pada kisaran ketinggian 0-3.806 mdpl, perbukitan, dan pegunungan (BIG, 2015).

Kalimantan dan Sumatera termasuk kedalam kawasan fauna Indonesia Barat. Fauna yang berada di kawasan Indonesia Barat dikenal dengan sebutan fauna Dangkalan Sunda atau Sundaland. Habitat gunung di Sundaland dapat dikaitkan dengan konvergensi morfologis pada beberapa mamalia. Distribusi elevasi dari Genus *Sundamys* memungkinkan untuk mengeksplorasi kemungkinan perbedaan morfologis yang terkait dengan habitat dataran rendah atau gunung dan asal populasi (Francis, 2019).

Kajian variasi morfologi dapat dilakukan dengan analisis data morfometrik dan meristik. Morfometri dapat didefinisikan sebagai metode yang menggunakan karakter-karakter morfologi yang dideskripsikan melalui pengukuran, penghitungan atau pemberian skor. Morfometri dapat diaplikasikan untuk mengetahui kekerabatan suatu spesies tertentu, diferensiasi dari berbagai spesies, dan untuk mengetahui variasi spesies serta untuk identifikasi suatu spesies (Bookstein & Strauss, 1982).

Penelitian mengenai tikus di beberapa daerah kebanyakan ditujukan pada keanekaragaman spesies dan kelimpahan individu seperti yang pernah dilakukan oleh Gunawan dkk. (2008) di Taman Nasional Gunung Ciremai;

Posisi geografis Indonesia dipandang dari segi biodiversitas sangat menguntungkan. Indonesia terdiri dari beribu-ribu pulau, terletak diantara benua Australia dan benua Asia dan terletak di khatulistiwa. Indonesia memiliki luas wilayah sebesar 1,3% dari total luas muka bumi yang memiliki 12% dari jenis mamalia dunia, 17% dari jenis burung di dunia, dan 25% dari jenis ikan dunia (Harianto & Dewi, 2017).

Data diversitas fauna di Indonesia terdapat 8.157 spesies vertebrata, yaitu mamalia (>500 jenis), aves (>1.500 jenis), amfibi (>250 jenis), dan reptil (>600 jenis), serta spesies kupu-kupu dengan jumlah kurang lebih 1.900 jenis (Widjaja *et al.*, 2014 dan Harianto dan Dewi, 2017). Kondisi geologi Indonesia bisa dikatakan sangat unik sehingga menyebabkan tingkat endemisitas flora dan fauna yang tinggi. Tingkat endemisitas fauna di Indonesia merupakan yang tertinggi di dunia, di antaranya yaitu 386 jenis aves, 328 jenis reptil, 280 jenis pisces, 270 jenis mamalia, dan 204 jenis amfibi (Widjaja *et al.*, 2014).

Berdasarkan wilayah geografis persebaran fauna di Indonesia dibagi menjadi tiga wilayah, yaitu fauna Indonesia Timur yang berdasar pada garis Indonesia bagian timur, fauna Indonesia Tengah yang berdasar pada garis Indonesia bagian tengah, dan fauna Indonesia Barat yang berdasar pada garis Indonesia bagian barat. Wilayah persebaran fauna tersebut dibatasi dengan Garis Wallace dan Garis Webber. Garis Wallace membatasi wilayah Indonesia barat dengan Indonesia tengah, dan Garis Webber membatasi wilayah Indonesia timur dengan Indonesia tengah (Isnaini, 2012).

berdasarkan ketinggian suatu tempat (Storer & Usinger 1957 dalam Gunawan dkk., 2008).

Kebanyakan jenis mamalia di Indonesia hidup di hutan hujan dipterocarpaceae. Hampir semua jenis mamalia mampu untuk bertahan hidup atau *survive* pada habitat yang berubah-ubah, dan mudah ditemukan di daerah perkebunan dan hutan sekunder yang sedikit terdapat vegetasi (Payne *et al.*, 2000). Struktur vegetasi memiliki peranan penting terhadap penyebaran dan pergerakan mamalia. Jumlah hewan pada hutan murni akan lebih sedikit jika dibandingkan dengan hutan campuran. Faktor ketinggian tempat juga akan mempengaruhi distribusi keanekaragaman mamalia (Gunawan dkk., 2008).

Penyebaran mamalia dapat dipengaruhi oleh faktor penghalang fisik (tebing, gunung, rawa, dan sungai) dan faktor penghalang ekologis (adanya spesies kompetisi dan batas tipe hutan). Faktor penghalang tersebut dapat menyebabkan mamalia mudah beradaptasi dengan habitatnya dan berkompetisi dengan spesies yang lain. Faktor tersebut juga dapat menyebabkan adanya endemisitas satwa pada habitat tertentu (Zulkarnain, 2018).

Suyanto (2002) mengatakan bahwa mamalia dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan strata tegakan hutan, yaitu mamalia terrestrial dan arboreal. Mamalia terrestrial adalah mamalia yang melakukan semua aktivitas pada strata bawah atau lantai hutan (seperti rusa, harimau, gajah, dan tikus), sedangkan mamalia arboreal adalah mamalia yang melakukan

Utara dibatasi dengan Laut Cina, bagian Selatan dibatasi dengan Laut Jawa, dan dibagian Timur dibatasi oleh Selat Makassar. Gunung Kinabalu merupakan titik tertinggi di Pulau Kalimantan dengan ketinggian sekitar 4,095 mdpl (13,435 ft) dari permukaan laut (BPIW, 2017).

Kalimantan sebagai salah satu pulau terbesar di dunia yang memiliki catatan jenis fauna yang khas. Meskipun hampir sebagian besar fauna di Kalimantan adalah fauna Asia atau oriental, Kalimantan masih memiliki jenis-jenis endemik yang unik. Kalimantan memiliki sekitar 222 jenis mamalia (Payne *et al.*, 2000). Hampir sebagian besar mamalia di Kalimantan terdiri atas kelompok kelelawar dan tikus.

Kalimantan merupakan salah satu pulau besar di Indonesia dengan kekayaan jenis mamalia yang melimpah. Kalimantan memiliki 44 jenis mamalia endemik dari 222 jenis mamalia yang ada disana. Jumlah spesies tersebut menunjukkan nilai lebih besar jika dibandingkan dengan Sumatera yang hanya memiliki 23 spesies endemik. Sesuai dengan teori biogeografi pulau mengatakan bahwa luas pulau dan angka imbang antara migrasi dan kepunahan lokal akan menentukan jumlah spesies yang ada pada pulau tersebut (Mustari dkk., 2010). Di antara mamalia asli Kalimantan, hewan pengerat muridae sangat beragam namun sangat tidak dikenal. Dua puluh enam spesies saat ini dikenali dari pulau itu, termasuk 9 endemik Kalimantan (Payne *et al.*, 2000; Achmadi *et al.*, 2012).

Kalimantan memiliki 13 jenis primata dan 10 jenis tikus pohon yang dalam hal ini lebih besar dari daratan Asia atau wilayah di sekitarnya, jenis tikus Kalimantan diantaranya yaitu Tikus Gunung Raksasa Sunda atau

Darussalam), Pulau Madagaskar (Madagaskar), dan Pulau Baffin (Kanada) (BPIW, 2017).

Pulau Sumatera berada di bagian barat gugusan Kepulauan Indonesia dengan arah memanjang sekitar 1.700 km dari Barat laut ke tenggara. Bagian utara Pulau Sumatera memiliki lebar dataran sekitar 100 sampai 200 km, dan di bagian tenggara memiliki lebar dataran sekitar 350 km. Pulau Sumatera memiliki batas-batas dalam wilayahnya, di bagian Timur berbatasan dengan Selat Karimata, Selat Malaka dan Laut Jawa, di bagian Selatan berbatasan dengan Selat Sunda, dan di bagian Barat berbatasan dengan Teluk Benggala di sebelah Utara, berbatasan dengan Samudera Hindia (BIG, 2015).

Pulau Sumatera memiliki topografi yang bervariasi yaitu mulai dari pegunungan, perbukitan, hingga dataran rendah dengan kisaran ketinggian 0-3.806 mdpl. Secara umum daerah pegunungan dan dataran tinggi dapat dijumpai di Sumatera bagian barat, sedangkan untuk daerah dataran rendah dan rawa dapat dijumpai di Sumatera bagian timur. Bagian barat Pulau Sumatera, terdapat Bukit Barisan yang terbentang dari selatan hingga utara. Sepanjang bukit barisan terdapat beberapa gunung berapi yang masih aktif sampai saat ini, seperti Bukit Kaba (Bengkulu), Gunung Kerinci (Jambi), dan Gunung Marapi (Sumatera Barat) (BIG, 2015).

Fauna di Sumatera sangat erat hubungannya dengan fauna yang berada di Semenanjung Malaysia dengan relatif sedikit mamalia endemik. Pulau Sumatera juga terdapat beberapa jenis tikus, yaitu *Sundamys infraluteus* yang ditemukan di daerah Medan, Padang dan Palembang (Gambar 2.16) dan *Sundamys muelleri* yang persebarannya hampir di seluruh Pulau Sumatera (Gambar 2.17).

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah kaliper digital dengan ketelitian 0,01 mm yang digunakan untuk mengukur morfologi tikus.

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah semua spesimen dari Genus *Sundamys* asal populasi Kalimantan dan Sumatera yang akan dibandingkan morfologinya berasal dari koleksi Museum Zoologi Bogor, Bidang Zoologi, Pusat Penelitian Biologi - LIPI. Spesimen yang digunakan dipilih secara acak dengan total 88 spesimen dewasa (46 spesimen Sumatera dan 42 spesimen Kalimantan) dari spesies *Sundamys muelleri*, dan 4 spesimen dewasa (1 spesimen Sumatera dan 3 spesimen Kalimantan) dari spesies *Sundamys infraluteus*.

3.4 Prosedur Penelitian

Metode pengambilan data dilakukan secara random sampling, dimana peneliti akan memilih sampel secara acak yang memiliki tubuh dan tengkorak yang masih dapat dilakukan pengukuran. Sampel tengkorak yang digunakan diambil hanya yang berumur dewasa saja berdasarkan kriteria *basisphenoid* atau jahitan *basioccipital* yang sudah menyatu dan gigi geraham yang sudah angus (Sinaga et.al, 2007 dan Achmadi, 2010). Data yang diambil pada penelitian merupakan data kuantitatif yang berasal dari empat bagian ukuran tubuh (Gambar 3.1) dan tujuh belas bagian ukuran tengkorak (Sinaga dkk, 2002) (Gambar 3.2) dari Genus *Sundamys* yang dapat dilihat pada tabel 3.2

zigomatik paling luar; LD (*Lenght of Diastema*) diukur dari pangkal gigi seri atas sampai ujung gigi geraham kesatu (BM1); LBP (*Lenght of Bony Palate*) diukur dari posterior *foramina incisivum* sampai posterior tulang palatal; PPL (*Post Palatal Lenght*) diukur dari posterior tulang palatal sampai anterior *foramen magnum*; BMF (*Breadth of Mesopterygoid Fossa*) diukur lebar dari *mesopterygoid fossa* bagian dalam; CLM 1-3 (*Crown Lenght of Molars I-III*) diukur dari gigi geraham kesatu sampai gigi geraham ketiga; LIF (*Lenght of Incisive Foramina*) diukur dari anterior *foramina incisivum* sampai posterior *foramina incisivum*; BM1 (*Breadth of Molar I*) diukur lebar gigi geraham kesatu paling luar; BM2 (*Breadth of Molar II*) diukur lebar gigi geraham kedua paling luar; BM3 (*Breadth of Molar III*) diukur lebar gigi geraham ketiga paling luar.

3.5 Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan morfologi dan pengukuran morfometrik disajikan dalam bentuk tabel. Analisis statistik dijalankan dalam dua langkah yaitu analisis univariat dan multivariat, seperti dijelaskan dalam Maryanto & Sinaga (1998) dan Maryanto (2003). Pada analisis univariat diperoleh hasil mean, standar deviasi, nilai minimum dan maksimum. Kemudian dilanjutkan dengan analisis Uji t (*independent sample test*) yang dianalisis menggunakan program Microsoft Excell. Pada analisis multivariat menggunakan Uji PCA (*Principal Component Analysis*) yang dianalisis menggunakan program IBM SPSS 22, hasil dari uji ini selain disajikan dengan tabel, juga disajikan dengan diagram sebar atau *scatter plot*.

tikus *Sundamys muelleri* asal populasi Sumatera memiliki ukuran lebih besar dibandingkan dengan populasi Kalimantan, terutama pada panjang ekor (LT), panjang telapak kaki belakang (LHF), dan panjang tengkorak (GSL) dengan pengecualian pada panjang kepala dan badan (LHB), lebar tulang zigomatik (BZ) dan panjang tulang palatum (LBP) yang memiliki ukuran lebih kecil. Perhitungan rata-rata, standar deviasi, nilai maksimum dan nilai minimum *Sundamys infraluteus* menunjukkan bahwa semua karakter tubuh maupun tengkorak tikus *Sundamys infraluteus* asal populasi Sumatera memiliki ukuran lebih besar dibandingkan dengan populasi Kalimantan.

Hasil pengukuran ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Sinaga *dkk.*, (2002), yang menyatakan bahwa rata-rata ukuran tubuh dan tengkorak populasi tikus *Sundamys muelleri* asal Sumatera memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan populasi Kalimantan, terutama pada panjang telapak kaki belakang (LHF), panjang ekor (LT) dan panjang tengkorak (GSL).

Perbedaan yang nyata terhadap karakter morfometrik tikus mengindikasikan bahwa adanya variasi morfologi. Semakin banyak karakter morfologi yang berbeda pada seluruh populasi maka semakin tinggi tingkat variabilitas fenotip jenis tersebut (Inger & Stuebing, 2005). Variasi morfologi yang terjadi pada suatu jenis dapat disebabkan oleh faktor lingkungan seperti isolasi geografis, jarak antar populasi dan kondisi suatu habitat. Semakin jauh jarak antar populasi semakin tinggi perbedaan karakter fenotipnya (Futuyama, 1986).

1. Rasio antara panjang tengkorak (GSL), lebar hidung (LR), lebar antar orbit (IB), panjang tulang *diastema* (LD), lebar *mesopterigoid fossa* (BMF), panjang deretan gigi geraham 1-3 (CLM 1-3), dan panjang *foramina incisivum* (LIF) menggambarkan pengelompokan yang jelas terpisah untuk populasi *Sundamys muelleri* asal Sumatera dan Kalimantan.
2. Pulau Sumatera dan Pulau Kalimantan secara geografis terpisah oleh penghalang yang luas berupa laut sehingga tidak terjadi aliran genetik diantara kedua populasi tikus *Sundamys muelleri*, yang menyebabkan terjadinya variasi morfologi khususnya ukuran tengkorak, sebagai bentuk adaptasi terhadap lingkungannya.

Pada spesies *Sundamys infraluteus* hasil uji t karakter morfometrik pada kedua populasi didapatkan hasil 1 karakter morfometrik yang berbeda nyata yaitu pada panjang kaki belakang (HF (8,2>4,303)). Dalam uji ini tidak didapatkan perbedaan signifikan antar karakter tengkoraknya, maka bisa dikatakan bahwa spesies ini memiliki hubungan yang sangat erat dan mungkin tidak adanya variasi morfologi yang terhadap kedua populasi tikus ini (Tabel 4.3).

Hasil uji t pada Tabel 4.3 dapat disebabkan karena kondisi lingkungan dan jarak antar populasi yang berbeda. Jarak yang jauh antar populasi menyebabkan perbedaan kondisi lingkungan seperti geografis, sehingga mengakibatkan adaptasi yang berbeda pada tikus *Sundamys muelleri* dan *Sundamys infraluteus* asal populasi Kalimantan dan Sumatera.

Tabel 4.5 Matriks komponen yang dirotasi menggunakan metode Varimax dengan Normalisasi Kaiser.

	Component				
	1	2	3	4	5
BZ	,714	,019	-,135	,173	,201
HBC	,155	,002	,120	-,149	,803
GSL	,386	,063	-,021	,308	,566
LR	,823	,147	,120	,117	-,051
BR	,849	,044	,125	,039	,175
IB	,349	,026	,737	-,114	,006
BBC	,004	-,021	-,021	,024	,989
ZB	-,046	,074	,797	,273	,013
LD	,869	,039	,186	,118	,045
LBP	,122	,028	,203	,925	-,080
PPL	,201	,015	,168	,943	,072
BMF	,132	,028	,848	,275	,063
CLM 1-3	,124	,918	,048	-,022	,029
LIF	,589	,183	,388	-,040	,104
BM1	,155	,886	,001	,033	-,068
BM2	-,016	,793	,140	,057	,018
BM3	,063	,912	-,031	-,008	,042

Extraction Method: Principal Component Analysis

Sumber: Dokumen pribadi (2020)

Karakter-karakter morfologi yang berperan dalam masing-masing faktor dapat ditentukan dengan melihat hasil dari nilai korelasi paling tinggi ($>0,5-1$) pada masing-masing karakter dalam suatu faktor. Karakter-karakter yang berperan dalam faktor 1, yaitu BZ dengan nilai 0,714; LR dengan nilai 0,823; BR dengan nilai 0,849; LD dengan nilai 0,869; dan LIF dengan nilai 0,589. Karakter-karakter yang berperan penting dalam faktor 2, yaitu CLM dengan nilai 0,918; BM1 dengan nilai 0,886; BM2 dengan nilai 0,793; dan BM3 dengan nilai 0,912. Karakter-karakter dalam faktor 3, yaitu IB dengan nilai 0,737; ZB dengan nilai 0,797; dan BMF dengan nilai 0,848. Pada faktor 4 karakter-karakter yang berperan penting, yaitu LBP dengan nilai 0,925 dan PPL dengan nilai 0,943. Pada faktor 5 karakter-karakter yang berperan penting yaitu HBC dengan nilai 0,803; GSL dengan nilai 0,566; dan BBC dengan nilai 0,989 (Tabel 4.5).

geraham 1 sampai dengan 3) lebih pendek dibanding dengan *Rattus muelleri* asal Sumatera. Pengelompokan anak jenis pada kedua populasi tersebut pernah pula digunakan oleh Chasen (1940) dan Medway (1965 dan 1977), sebelum akhirnya Musser dan Newcomb (1983) merevisi ulang tikus asal populasi Sumatera dan Kalimantan tersebut menjadi satu anak jenis yaitu *Sundamys muelleri muelleri* (Sinaga dkk., 2002).

Terdapat beberapa individu *Sundamys muelleri* yang memiliki ukuran morfometri tengkorak yang berbeda dari rata-rata kelompok. Hal ini membuktikan bahwa ada perbedaan ukuran morfologi pada tikus *Sundamys muelleri* asal Sumatera dan Kalimantan tetapi tidak signifikan dan tidak mempengaruhi individu yang lain. Ciri utama yang membedakan antara populasi Sumatera dan Kalimantan dapat diterangkan melalui perhitungan yang sudah dilakukan melalui uji T test (tabel 4.3) antar karakter yaitu panjang tengkorak (GSL), lebar hidung (LR), lebar antar orbit (IB), panjang tulang *diastema* (LD), lebar *mesopterygoid fossa* (BMF), panjang deretan gigi geraham 1-3 (CLM 1-3), dan panjang *foramina incisivum* (LIF). Hal ini sependapat dengan penelitian Sinaga dkk (2002) yang menyatakan bahwa yang membedakan antara populasi Sumatera dan Kalimantan dapat diterangkan melalui penggambaran rasio antar karakter. Rasio tersebut yaitu antara panjang tengkorak (GSL) dengan panjang deretan geraham ke satu sampai ke tiga (CLM 1-3).

Tabel 4.7 Matriks komponen yang dirotasi menggunakan metode Varimax dengan Normalisasi Kaiser.

	Component		
	1	2	3
BZ	,586	,778	,226
HBC	,937	,333	-,104
GSL	-,269	-,506	-,819
LR	-,288	-,466	-,836
BR	,165	-,325	,931
IB	,976	,195	-,098
BBC	,266	,956	,123
ZB	,910	,414	,034
LD	-,300	,028	,953
LBP	-,147	-,976	-,160
PPL	-,395	-,910	,124
BMF	,971	,237	-,001
CLM 1-3	-,464	-,075	,882
LIF	-,071	,427	,902
BM1	,831	-,553	,062
BM2	-,446	,702	,555
BM3	-,684	,656	,319

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Sumber: Dokumen pribadi (2020)

Karakter-karakter morfologi yang berperan dalam masing-masing faktor dapat ditentukan dengan melihat hasil dari nilai korelasi yang paling tinggi ($>0,5-1$) dari masing-masing karakter dalam suatu faktor. Karakter-karakter yang berperan dalam faktor 1, yaitu BZ dengan nilai 0,586; HBC dengan nilai 0,937; IB dengan nilai 0,976; ZB dengan nilai 0,910; BMF dengan nilai 0,971; dan BM1 dengan nilai 0,831. Karakter-karakter yang berperan dalam faktor 2, yaitu BZ dengan nilai 0,778; BBC dengan nilai 0,956; BM2 dengan nilai 0,702; dan BM3 dengan nilai 0,656. Pada faktor 3 karakter yang berperan yaitu, BR dengan nilai 0,931; LD dengan nilai 0,953; CLM dengan nilai 0,882; LIF dengan nilai 0,902; dan BM2 dengan nilai 0,555 (Tabel 4.7).

Hasil PCA dari variasi morfologi ditampilkan dalam bentuk diagram sebar/*scatter plot* 2 dimensi (Gambar 4.9). Hasil dari semua *scatter plot* PCA dapat dilihat bahwa keseluruhan populasi dari Sumatera

dilakukan oleh Sinaga *et.al* (2007) dikatakan bahwa tikus *Maxomys whiteheadi* asal Kalimantan dikelompokkan bersama dalam satu kelompok, begitu juga dengan tikus *Maxomys whiteheadi* asal Sumatera.

Perbedaan diantara beberapa karakter tengkorak pada tikus *Sundamys* asal populasi Kalimantan dan Sumatera dapat disebabkan karena perbedaan struktur geografis dan topologi dari kedua pulau tersebut. Kalimantan dan Sumatera termasuk kedalam kawasan fauna Indonesia Barat. Fauna yang berada di kawasan Indonesia Barat dikenal dengan sebutan fauna Dangkalan Sunda atau Sundaland. Habitat gunung di Sundaland dapat dikaitkan dengan konvergensi morfologis pada beberapa mamalia. Distribusi elevasi dari Genus *Sundamys* memungkinkan untuk mengeksplorasi kemungkinan perbedaan morfologis yang terkait dengan habitat dataran rendah atau gunung dan asal populasi (Francis, 2019). Menurut Futuyama (1986), jarak suatu wilayah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi variasi morfologi suatu spesies.

Pulau Sumatera dan Kalimantan diklasifikasikan ke dalam sub-daerah Malesia barat dalam hal kemiripan jenis-jenis tumbuhannya, tetapi setiap lokasi habitat mempunyai perbedaan dalam lingkungan alaminya, seperti tanah, vegetasi dan iklim mikro yang akan membentuk setiap populasi jenis sesuai dengan kondisi lingkungannya (Sinaga dkk, 2002). Secara keseluruhan hasil analisis PCA tikus *Sundamys muelleri* dan *Sundamys infraluteus* asal Sumatera dan Kalimantan menunjukkan pengelompokan yang sama dan terpisah antar spesiesnya.

Perbedaan karakter yang banyak dalam satu jenis hewan tersebut menjelaskan bahwa setiap hewan memiliki karakter yang berbeda-beda, adapun kemiripan antara hewan menunjukkan bahwa hewan tersebut masih dalam satu kekerabatan, namun tiap spesies atau individu memiliki karakter dengan ukuran masing-masing.

4.3 Variasi Geografis Berdasarkan Karakter Morfologi

Hambatan geografis diketahui memainkan peran penting dalam diferensiasi genetik dan morfologi tikus (Colombi *et.al*, 2010). Brown dan Gibson (1983) menyatakan bahwa setiap spesies mempunyai sebaran geografi tertentu yang dikontrol oleh kondisi fisik lingkungannya. Oleh karena itu sebaran dan variasi morfometri yang muncul merupakan respon terhadap lingkungan fisik tempat hidup spesies tersebut. Variasi karakter morfometri dapat disebabkan oleh perbedaan faktor genetik dan lingkungan.

Deteksi dan deskripsi variasi geografis pada ukuran dan bentuk tengkorak penting untuk penyelidikan sistematika mamalia dan taksonomi (Barčiová, 2009 dan Yazdi, 2011). Sehubungan dengan hewan pengerat, studi berbasis geografis telah membahas spesies terkait yang telah dilakukan oleh Fadda & Corti (2001), Beolchini dan Corti (2004), dan Barčiová & Macholán (2006). Dalam suatu studi kasus dikatakan bahwa perbedaan unit geografis morfologi memiliki kesesuaian dengan model isolasi dengan jarak, di mana dengan peningkatan hasil jarak geografis menyebabkan terjadinya penurunan dari gen flow, meningkatkan divergensi genetik dan diferensiasi (Wright, 1943).

Struktur tengkorak mungkin di bawah pengaruh lingkungan yang tinggi karena terkait dengan fungsi makan dan sensitifitas indera (Voss *et.al*, 1990). Dalam lanskap heterogen, respons genetik populasi dilakukan secara langsung, melalui proses selektif, atau secara tidak langsung, melalui demografis (ukuran efektif, subdivisi), respons ini menghasilkan variasi genetik dalam spesies (Pamilo, 1988). Variasi fenotipik berikutnya di antara populasi alel dari seleksi dan variasi genetik, di samping plastisitas fenotipik (Adkinson, 1995). Plastisitas fenotipik terjadi ketika di bawah kondisi lingkungan yang berbeda, lebih dari satu fenotipe diekspresikan oleh genotipe yang sama (Quintela *et.al*, 2016).

Dalam penelitian sebelumnya, tikus dari Kalimantan mewakili garis keturunan yang didukung dengan baik dan berbeda dengan hewan di Semenanjung Melayu dan Sumatera. Ini konsisten dengan hipotesis bahwa habitat hutan hujan di Kalimantan telah lama diisolasi dari hutan hujan di barat (Sinaga *et.al*, 2007). Struktur filogeografis yang cukup besar dalam variasi spesies di Kalimantan telah ditemukan untuk banyak taksa lainnya, termasuk tikus berduri merah *Maxomys surifer* (Gorog *et.al*, 2004), orangutan *Pongo pygmaeus* (Warren *et.al*, 2001), dan *Enicurus leschenaulti* (Moyle *et.al*, 2005). Pola-pola ini kemungkinan besar merupakan hasil isolasi sejarah yang disebabkan oleh berbagai pegunungan di pulau tersebut, sungai-sungai besar atau permukaan laut yang sebelumnya lebih tinggi.

Menurut penelitian Quintela *et.al* (2016) dikatakan bahwa daerah yang secara visual bervariasi pada tengkorak *S. tumidus*, terkait dengan perlekatan otot yang terlibat dalam proses pengunyahan. Dengan demikian, terkait

dengan efek isolasi oleh jarak, ada kemungkinan bahwa variasi lokal pada komponen habitat dan sejarah alam (misalnya jenis tanah, kebiasaan makan) juga mungkin menyebabkan diferensiasi tengkorak pada *S. tumidus*.

Distribusi tikus *Sundamys* dalam jangkauan yang lebih luas mendukung kesimpulan Wells *et.al* (2007) bahwa lebih dari perbedaan vegetasi antara hutan yang ditebang dan yang tidak ditebang, fitur abiotik dari bioma (dalam hal ini karakter yang dikendalikan oleh ketinggian) adalah faktor signifikan. Singkatnya, ketinggian tampaknya menjadi prediktor yang lebih tepat digunakan tentang persebaran tikus *Sundamys* daripada keberadaan habitat hutan Montane yang tidak terganggu.

Berdasarkan hasil penelitian ini, diketahui bahwa populasi tikus *Sundamys* asal Kalimantan dan Sumatera memiliki beberapa kemiripan, hal ini didukung oleh hasil pengukuran tengkorak dengan rata-rata yang tidak jauh berbeda yaitu 1:2. Populasi tikus *Sundamys* dari Kalimantan dan Sumatera mirip dalam karakter tengkorak, akan tetapi masih terdapat beberapa individu yang memiliki ukuran karakter yang berbeda. Perbedaan ukuran tengkorak pada kelompok *Sundamys* mencerminkan hambatan geografis seperti gunung, dataran tinggi atau sungai besar di Kalimantan dan Sumatera. Batas biogeografis spesies *Sundamys* di kawasan Asia Tenggara tidak menunjukkan pemisahan menjadi kelompok spesies timur dan barat. Pemisahan kelompok spesies timur dan barat tidak terjadi karena didukung oleh bukti kuat tentang kesamaan dalam fitur morfologis seperti karakter tengkorak antara timur dan barat dari spesies *Maxomys* dan secara konsisten

mengkonfirmasi pengamatan yang disarankan oleh Ellerman (1941) dan Musser et al. (1979).

Pulau Kalimantan merupakan daratan berbentuk pesisir yang rendah dan memanjang dengan sungai-sungai besar, seperti Sungai Barito, Sungai Kapuas, dan Sungai Mahakam. Selain sungai, Pulau Kalimantan juga memiliki hutan hujan tropis lebat yang terdapat banyak flora dan fauna endemik dan terdapat hutan rawa gambut. Kalimantan tidak memiliki gunung berapi tetapi hanya jajaran pegunungan (BPIW, 2017). Pulau Sumatera memiliki topografi yang bervariasi mulai dari pegunungan, perbukitan, hingga dataran rendah yang berada pada ketinggian antara 0-3.806 mdpl. Secara umum daerah pegunungan dan dataran tinggi dapat dijumpai di Sumatera bagian barat, sedangkan untuk daerah dataran rendah dan rawa dapat dijumpai di Sumatera bagian timur (BIG, 2015).

Perbedaan ketinggian tempat penemuan tikus *Sundamys* antara populasi Kalimantan dan Sumatera menyebabkan variasi morfologi antar spesies dan individu. Perbedaan ketinggian antara Kalimantan dan Sumatera memungkinkan adanya perbedaan suhu, iklim, vegetasi dan ketersediaan pakan untuk tikus *Sundamys*. Pada ketinggian sekitar 1000-1650 mdpl di wilayah Kalimantan dapat ditemukan tikus *Sundamys muelleri* sedangkan pada ketinggian 920 hingga 2.930 mdpl ditemukan *Sundamys infraluteus*. *Sundamys muelleri* umum ditemukan di dekat sungai, seperti pada wilayah Kalimantan terdapat *Riparian forest* yang didominasi oleh jenis tumbuhan dari suku Myrthaceae, Eugenia dan Palaquium serta semak belukar dan bambu. Selain itu di Kalimantan juga terdapat hutan Dipterocarpaceae yang

diduga juga dapat ditemukan spesies *Sundamys muelleri* dan *Sundamys infraluteus*. Perbedaan vegetasi pada suatu habitat tertentu dapat menyebabkan adanya variasi morfologi pada suatu spesies atau individu. Perbedaan vegetasi dapat mempengaruhi pola makan dan jenis makanan yang dikonsumsi oleh tikus sehingga akan mempengaruhi kondisi dan pertumbuhan gigi pada tikus (Yazdi, 2011).

Sundamys infraluteus dapat ditemukan di daerah pegunungan Sumatera pada ketinggian 700 hingga 2.400 mdpl. Pulau Sumatera termasuk ke dalam iklim ekuator. Karakteristik umum dari iklim ini adalah memiliki presipitasi dan temperatur yang tinggi sehingga bisa dikatakan panas dan diasumsikan sebagai iklim humid atau beriklim tropis dengan temperatur bulanan rata-rata 20⁰C dan 26⁰C konstan sepanjang tahun (BIG, 2015). Iklim di Kalimantan tidak jauh berbeda dengan iklim Sumatera, sehingga berdasarkan iklim tidak ditemukan pengaruh yang besar terhadap timbulnya variasi morfologi antar spesies maupun antar individu.

Kalimantan dan Sumatera termasuk kedalam kawasan fauna Indonesia Barat. Fauna yang berada di kawasan Indonesia Barat dikenal dengan sebutan fauna Dangkalan Sunda atau Sundaland. Sundaland adalah wilayah biogeografis di Asia Tenggara dan merupakan pusat keanekaragaman hayati di dunia dengan sekitar 39% dari vertebrata merupakan endemik dan memiliki 5% endemisme tumbuhan di seluruh dunia (Myers, 2000). Penelitian dalam taksonomi dan biogeografi, menyatakan bahwa kondisi geologi yang kompleks dari Sundaland memiliki pendorong pola keanekaragaman hayati yang dapat diamati saat ini (Sanchez, 2017).

Keanekaragaman hayati yang unik di wilayah ini membuat Wallace tertarik untuk membahasnya sampai pada teori evolusi melalui seleksi alam, dan telah memainkan peran penting dalam pengembangan awal bidang biogeografi (Sanchez, 2017). Kondisi topologi dari wilayah Sundaland sebagian besar ditutupi oleh pegunungan sehingga menyebabkan keragaman populasi endemik pegunungan (Esselstyn et.al, 2013 dan Demos et.al, 2016).

Perpisahan antara beberapa wilayah di Sundaland disebabkan karena adanya fluktuasi permukaan laut secara teratur dan periodik (Miller et.al, 2005). Fluktuasi permukaan laut ini menyebabkan sebagian besar pulau atau daratan tertutup oleh perairan sehingga menimbulkan daratan yang terpisah. Selain itu adanya pergerakan lempeng bumi/benua (*plate tectonic*) yang berlangsung sangat lambat. Pergerakan tersebut mengakibatkan gunung meletus dan gempa bumi yang dapat berdampak tidak saja terhadap kepunahan makhluk hidup, tetapi juga terjadinya spesies atau makhluk hidup baru. Pergerakan lempeng bumi berdampak terhadap proses evolusi dan kehidupan di permukaan bumi, terutama pada letak suatu daratan atau benua, juga sangat mempengaruhi iklim, dan jenis flora dan fauna yang hidup di dalamnya. Pergerakan lempeng bumi juga menjadi sarana bagi makhluk hidup untuk berpindah dan beradaptasi dengan lingkungan yang baru, sehingga terbentuk spesies baru melalui proses seleksi alam (Kusumaningrum & Prasetyo, 2018).

Keanekaragaman hayati yang tinggi dan kekhasan di wilayah Indonesia antara lain disebabkan oleh latar belakang iklim, unit biogeografi, sejarah geologi, proses spesiasi, bentuk pulau, dan jumlah ekosistem. Pulau di

bersabda: "Pada suatu ketika ada seorang laki-laki sedang berjalan melalui suatu jalan, lalu dia merasa sangat kehausan. Kebetulan dia menemukan sebuah sumur, maka dia turun ke sumur itu untuk minum. Setelah keluar dari sumur, dia melihat seekor anjing menjulurkan lidahnya menjilat-jilat tanah karena kehausan. Orang itu berkata dalam hatinya; 'Alangkah hausnya anjing itu, seperti yang baru ku alami.' Lalu dia turun kembali ke sumur, kemudian dia menciduk air dengan sepatunya, dibawanya ke atas dan diminumkannya kepada anjing itu. Maka Allah berterima kasih kepada orang itu (diterima-Nya amalnya) dan diampuni-Nya dosanya.' Para sahabat bertanya; 'Ya, Rasulullah! Dapat pahalakah kami bila menyayangi hewan-hewan ini? ' Jawab beliau: 'Ya, setiap menyayangi makhluk hidup adalah berpahala.'" (HR. Al Bukhari: 5550)

Hadits tersebut menceritakan bahwa binatang merupakan bagian dari alam sebagaimana manusia. Keberadaan binatang memiliki nilai penting pada setiap habitatnya. Islam mengajarkan untuk berbuat baik terhadap binatang dengan memberikan perlindungan dari kepunahan dan akan diganjar pahala oleh Allah SWT. Nabi SAW telah mengajarkan kepada umatnya tentang adab-adab terhadap binatang. Setiap binatang memiliki hak-hak yang harus dihormati, dilindungi dan dijaga kelestariannya, sehingga manusia tidak boleh berbuat zhalim dan semena-mena terhadapnya.

- Balakirev, A.E, Abramov, A.V, and V.V. Rozhnov. 2013. Revision Of The Genus *Leopoldamys* (Rodentia, Muridae) As Inferred From Morphological And Molecular Data, With A Special Emphasis On The Species Composition In Continental Indochina. *Zootaxa*. 3640(4): 521-549.
- Barčiová, L., and M. Macholán. 2006. Morphometric Study Of Two Species Of Wood Mice *Apodemus Sylvaticus* and *A. Flavicollis* (Rodentia: Muridae): Traditional And Geometric Morphometric Approach. *Acta Theriol.* 51: 15-27.
- Barčiová, L. 2009. Advances in Insectivore and Rodent Systematics Due To Geometric Morphometrics. *Mammal Rev.* 39: 80-91.
- Beolchini, F., and M. Corti. 2004. The Taxonomy Of The Genus *Tachyoryctes*: A Geometric Morphometric Approach. *Ital J Zool.* 71: 35-43.
- Bookstein, F. L. and R. E. Strauss. 1982. The Truss: Body Form Reconstruction in Morphometrics. *Systematic Zoology.* 3: 113-115.
- Brown, J. H. & A. C. Gibson. 1983. *Biogeography*. The C.V. Mosby Company. St. Louis-Missouri.
- Campbell, N.A., Reece, J.B., and L.G. Mitcell. 2012. *Buku Ajar Biologi*. Erlangga, Jakarta.
- Cardillo, M., Mace, G.M., Jones, K.E., Bielby, J., Bininda-Emonds, O.R.P., Sechrest, W., Orme, C.D.L and A. Purvis. 2005. Multiple Causes Of High Extinction Risk In Large Mammal Species. *Science.* 309: 1239–1241.
- Colombi, V.H, Lopes, S.R., and V. Fagundes. 2010. Testing The Rio Doce As A Riverine Barrier In Shaping The Atlantic Rainforest Population Divergence In The Rodent *Akodon Cursor*. *Genet Mol Biol.* 33: 785-789.
- Corbet, G.B., and J.E. Hill. 1992. *The Mammals Of The Indomalayan Region: A Systematic Review*. Oxford University Press, London.
- Cranbrook, E., Ahmad, A.H., and I. Maryanto. 2014. The Mountain Giant Rat Of Borneo *Sundamys Infraluteus* (Thomas) And Its Relations. *Journal of Tropical Biology and Conservation.* 11: 49-62.
- Demos, T. C., Achmadi, A.S., Giarla, T.C., Handika, H., Maharadatunkamsi, Rowe, K.C., and J.A. Esselstyn. 2016. Local endemism and within-island diversification of shrews illustrate the importance of speciation in building Sundaland mammal diversity. *Molecular Ecology.* 25(20): 5158–5173.
- Dewi, T Noorlita. 2015. Gambaran Kepadatan Tikus di Kelurahan Randusari Kecamatan Semarang Selatan Kota Semarang Tahun 2015. *Skripsi*. Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Semarang, Semarang.

- Ellerman, J.R., 1941. *The Families and the Genera of Living Rodents. Vol. II. Family Muridae*. British Museum (Natural History), London.
- Eprilurahman, R., dan D.S. Yudha. 2012. *Keanekaragaman Mamalia di Kalimantan*. Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada Press, Yogyakarta.
- Esselstyn, J. A., Maharadatunkamsi, Achmadi, A. S., Siler, C. D., and B. J. Evans. 2013. Carving out turf in a biodiversity hotspot: multiple, previously unrecognized shrew species co-occur on Java Island, Indonesia. *Molecular Ecology*. 22: 4972–4987.
- Everitt, B. dan Torsten, H. 2011. *An Introduction to Applied Multivariate Analysis with R*. Springer, New York.
- Fabre, P.H., Pages, M., Musser, G.G., Fitriana, Y.S., Fjeldsa, J., Jennings, A., Jonsson, K.A., Kennedy, J., Michaux, J., Semiadi, G., Supriatna, N., and K.M. Helgen. 2013. A New Genus of Rodent From Wallacea (Rodentia: Muridae: Murinae: Rattini), and Its Implication for Biogeography and Indo-Pacific Rattini Systematics. *Zoological Journal of the Linnean Society*. 169: 408-447.
- Futuyama, D. J. 1986. *Evolutionary Biology*. Sunderland. Mass: Sinauer Associates, Inc. Itaca
- Fadda, C., and M. Corti. 2001. Three-Dimensional Geometric Morphometrics Of *Arvicanthis*: Implications For Systematics And Taxonomy. *J Zool Syst Evol Res*. 39: 235-245.
- Fornel, R., Cordeiro-Estrela, P., and T. Freitas. 2010. Skull Shape and Size Variation In *Ctenomys Minutus* (Rodentia: Ctenomyidae) In Geographical, Chromosomal Polymorphism, And Environmental Contexts. *Biol J Linn Soc*. 101: 705-720.
- Francis, C.M. 2008. *A Field Guide To The Mammals Of South-East Asia: Thailand, Peninsular Malaysia, Singapore, Myanmar, Laos, Vietnam And Cambodia*. New Holland Publishers, London.
- Francis, C.M. 2019. *Field Guide To The Mammals Of South-East Asia (2nd Edition)*. Bloomsbury Publishing, .
- Gorog, A.J., Sinaga, M.H., and M.D. Engstrom. 2004. Vicariance or Dispersal? Historical Biogeography of Three Sunda Shelf Murine Rodents (*Maxomys surifer*, *Leopoldamys sabanus* and *Maxomys whiteheadi*). *Biological Journal of the Linnean Society*. 81: 91-109.
- Greenacre, M., dan Primicerio, R. 2013. *Multivariate Analysis of Ecological Data*. Fundación BBVA, Bilbao.

- Gunawan., Kartono, A.P., dan I. Maryanto. 2008. Keanekaragaman Mamalia Besar Berdasarkan Ketinggian Tempat di Taman Nasional Gunung Ciremai. *Jurnal Biologi Indonesia*. 4(5): 321-334.
- Harianto, S.P., dan B.S. Dewi. 2017. *Biodiversitas Fauna di Kawasan Budidaya Lahan Basah*. Plantaxia, Yogyakarta.
- Horacek, Ivan. 2006. What Is A Mammal?. *Mammalia I*. 12: 1-15.
- Husein, A.A.A. 2017. Kajian Jenis Dan Populasi Tikus Di Perkebunan Nanas PT. Great Giant Food Terbanggi Besar Lampung Tengah. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Inger, R.F. dan R.B. Stuebing. 2005. *Panduan Lapangan Katak-katak Borneo*. Penyunting: Wong A, Mohd. Sah S, A, Natural History Publications, Borneo.
- Isnaini, Nur. 2015. Komparasi Penggunaan Media Google Earth dengan Peta Digital pada Materi Persebaran Fauna Kelas XI IPS di SMA Negeri 1 Semarang. *Jurnal Geografi*. 12(1): 52-61.
- IUCN. 2019. *Sundamys infraluteus The IUCN Red List of Threatened Species*. Diakses pada 20 September 2019. <<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20162.RLTS.T21150A22397618.en>.>
- Kartono, A.P. 2015. Keragaman Dan Kelimpahan Mamalia Di Perkebunan Sawit PT Sukses Tani Nusasubur Kalimantan Timur. *Media Konservasi*. 20(2): 85-92.
- Kusumaningrum, E.N., dan B. Prasetyo. 2018. *Ulasan Tentang Teori Biogeografi Pulau*. Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Terbuka, Jakarta.
- Lariman. 2010. Studi Keanekaragaman Mamalia Di Kebun Raya Unmul Samarinda (Krus) Sebagai Bahan Penunjang Mata Kuliah Mamalogi. *Bioprospek*. 7 (1): 51-68.
- Lim, B.L., and D. Heyneman. 1968. A Collection Of Small Mammals From Tuasar On The SW Face Of Mt Kinabalu. *Sarawak Museum Journal*. 16: 257-276.
- Lose, I.M.I., Labiro, E., dan Sustri. 2015. Keanekaragaman Jenis Fauna Darat Pada Kawasan Wisata Mangrove di Desa Labuan Kecamatan Lage Kabupaten Poso. *Warta Rimba*. 3(2): 118-123.
- Maharadatunkamsi. 2011. Profil Mamalia Kecil Gunung Slamet Jawa Tengah. *Biologi Indonesia*. 7(1): 171-185.

- Marbawati, D., dan H. Ismanto. 2011. Identifikasi Tikus (Hasil Pelatihan Di Laboratorium Mamalia Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta). *BALABA*. 7(2): 46-48.
- Maryanto, I., dan M.H. Sinaga, 1998. Variasi morfologi *Maxomys surifer* asal Sumatra, Kalimantan dan Jawa. *Berita Biologi*. 5: 183-191.
- Maryanto, I. 2003. Taxonomic Status of The Ricefield Rat *Rattus argentiventer* (Robinson and Kloss, 1916) (Rodentia) From Thailand, Malaysia and Indonesia Based on Morphological Variation. *Records of the Western Australia Museum*. 22: 47-65.
- McAlpine C.A., Rhodes, J.R., Callaghan, J.G., Bowen, M.C., Lunney, D., Mitchell, D.L., Pullar, D.V., and H.P. Possingham. 2006. The Importance Of Forest Area And Configuration Relative To Local Habitat Factors For Conserving Forest Mammals: A Case Study Of Koalas In Queensland, Australia. *Biological Conservation*. 132:153–165.
- MacArthur, R.H., and E.O. Wilson. 1967. *The Theory Of Island Biogeography*. Princeton, NJ: Princeton University Press. In
- Mayr, E. 1949. *Systematic & Origin of Species from the View Point of Zoologist* Columbia University Press, New York.
- Mayr, E. 1963. *Animal Species and Evolution*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge.
- Miller, K. G. 2005. The Phanerozoic Record of Global Sea-Level Change. *Science*. 310: 1293–1298.
- Mittermeier, R.A., Roblesgil, P., and C.O. Mittermeier. 1997. *Megadiversity Earth Biologically Wealthiest Nations*. Quebecor Printing Inc, Canada.
- Moyle, R.G., Schilthuizen, M., Rachman, M.A., and F.H. Sheldon. 2005. Molecular Phylogenetic Analysis of the White-Crowned Forktail *Enicurus leschenaulti* in Borneo. *Journal of Avian Biology*. 36: 96-101.
- Musser, G.G., Marshall Jr, J.T., and Boeady. 1979. Definition and contents of the Sundaic genus *Maxomys* (Rodentia, Muridae). *Journal of Mammalogy*. 60: 592-606.
- Musser, G.G. and C. Newcomb. 1983. Malaysian Murids And The Giant Rat Of Sumatra. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. 174(4): 327-598.
- Musser, G.G. and M.D. Carleton. 2005. Superfamily Muroidea. In Wilson, D.E and Reeder, D.A (eds). *Mammal Species Of The World: A Geographic And Taxonomic Reference*. The John Hopkins University Press, Baltimore.

- Mustari, A.H., Suroño, H., Fatimah, D.N., Setiawan, A., dan R. Febria. 2010. Keanekaragaman Jenis Mamalia Di Taman Nasional Sebangau, Kalimantan Tengah. *Media Konservasi*. 15(3): 115-119.
- Mustari, A.H., Agus, S., dan R. Dones. 2015. Kelimpahan Jenis Mamalia Menggunakan Kamera Jebakan Di Resort Gunung Botol Taman Nasional Gunung Harimun Salak. *Jurnal Media Konservasi*. 20(2): 93-101.
- Nasir, M., Amira, Y., dan A.H. Mahmud. 2017. Keanekaragaman Jenis Mamalia Kecil (Famili Muridae) Pada Tiga Habitat Yang Berbeda Di Lhokseumawe Provinsi Aceh. *BioLeuser*. 1(1): 1-6.
- Nor, S.M.D. 2001. Elevational Diversity Patterns Of Small Mammals On Mount Kinabalu, Sabah, Malaysia. *Global Ecology & Biogeography*. 10:41-62.
- Nwangburuka, C.C., Kehinde, O.B., Ojo, D.K., Denton, O.A., and A.R. Popoola. 2011. Morphological classification of genetic diversity in cultivated okra, *Abelmoschus esculentus* (L) Moench using principal component analysis (PCA) and single linkage cluster analysis (SLCA). *African Journal of Biotechnology*. 10(54): 11165—11172.
- Pamilo, P. 1988. Genetic Variation In Heterogeneous Environments. *Ann Zool Fenn*. 25: 99-106.
- Payne, J. 1985. *Panduan Lapangan Mamalia dari Kalimantan, Sabah, Serawak, dan Brunei Darussalam*. Indonesia Program, Bogor.
- Payne, J., Francis, C.M., and Phillips, K. 1998. *A Field Guide to the Mammals of Borneo*. The Sabah Society, Kinabalu.
- Payne, J., Francis, C.M., Phillips, K., and S.N. Kartikasari. 2000. *Panduan Lapangan Mamalia Di Kalimantan, Sabah, Sarawak, dan Brunei Darussalam*. Prima Center Indonesia, Jakarta.
- Pradhan, M.S and T.S. Talmale. 2009. *A Checklist of Valid Indian Rodent Taxa (Mammalia: Rodentia)*. Zoological Survey of India, India.
- Prasetyo, Ardi. 2015. Keanekaragaman Jenis Tikus dan Cecurut di Gunung Unggaran Jawa Tengah. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Priyambodo, Swastiko. 1995. *Pengendalian Hama Tikus Terpadu*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Quintela, F.M., Fornel, R., and T.R.O. Freitas. 2016. Geographic Variation in Skull Shape of The Water Rat *Scapteromys tunidus* (Cricetidae, Sigmodontinae): Isolation-By-Distance Plus Environmental and Geographic Barrier Effects?. *An Acad Bras Cienc*. 88: 451-466

- Rahman, R.M. 2006. *Alam dalam Ensiklopedi Nurcholis Madjid, Jilid 1*. Mizan, Bandung.
- Robinson, H.C., and C.B. Kloss. 1916. Preliminary Diagnoses of Some New Species and Subspecies of Mammals and Birds Obtained in Korinchi, West Sumatra. *Jour.Straits Branch Ray. Asiatic Soc.* (73): 269-278.
- Sanchez, M.C. 2017. Evolution in Sundaland: Insight From Comparative Phylogeography of *Rattus* and *Sundamys* Rats. *Tesis*. Universidad Pablo de Olavide, Sevilla.
- Sanchez, M.C., Leonard, J.A., Fitriana, Y., Tilak, M.K., and A.H. Fabre. 2017. The Generic Status of *Rattus annandalei* (Bonhote, 1903) (Rodentia, Murinae) and Its Evolutionary Implications. *Journal of Mammalogy*. 98(5): 1340-1355.
- Setiabudi, Johan. 2014. Strategi Pengembangan Pengendalian Populasi Tikus Sawah (*Rattus argentiventer*) Menggunakan Predator Burung Hantu (*Tyto alba*) Pada Lahan Pertanian Sawah Kecamatan Banyubiru Kabupaten Semarang. *Tesis*. Program Magister Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Shihab, M.Q. 2003. *Wawasan Al-Quran: Tafsir Maudhu'i Atas Persoalan Pelbagai Umat*. Mizan, Bandung.
- Shihab, M.Q. 2005. *Dia Dimana-mana "Tangan" Tuhan Dibalik Setiap Fenomena*. Lentera Hati, Jakarta.
- Shihab, M.Q. 2012. *Al-Lubab*. Lentera Hati, Jakarta.
- Sinaga, M.H., Prihatin, W., dan M. Amir. 2002. Variasi Morfologi Tikus *Sundamys muelleri* (Rodentia: Muridae) Asal Populasi Sumatra dan Kalimantan. *Zoo Indonesia*. 29: 29-40.
- Sinaga, M.H., Gorog, A.J., and A.A. Chinen. 2007. Morphological Variation of Whitehead's Rat *Maxomys whiteheadi* (Thomas, 1894) (Rodentia: Muridae) from Kalimantan dan Sumatra. *Zoo Indonesia*. 16(2): 75-86.
- Storer, T.I., and R.L. Usinger. 2008. *Dasar-dasar Zoologi Terjemahan*. Binarupa Aksara, Tangerang Selatan.
- Sunil, N.T., dan S.T. Sucheta. 2013. Comparative Anatomy Of Knee Joint: Class Amphibian (Frog) Versus Class Mamalia (Human Being). *Scholars Journal of Applied Medical Sciences*. 1(5): 560-567.
- Suyanto, Agustinus. 2002. *Mamalia di Taman Nasional Gunung Halimun, Jawa Barat*. BCP-JICA, Bogor.

- Suyanto, A., dan G. Semiadi. 2004. Keragaman Mamalia Kecil Di Sekitar Daerah Penyangga Taman Nasional Gunung Halimun, Kecamatan Cipanas, Kabupaten Lebak. *Berita Biologi*. 7(1).
- Suyanto, Agustinus. 2006. *LIPI Seri panduan Lapangan, Rodent Di Jawa*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bogor.
- Suyanto, A., Sinaga, H.M, dan A. Saim. 2009. Biodiversitas Mamalia di Tesso Nilo, Propinsi Riau, Indonesia. *Zoo Indoneisa Jurnal Fauna Tropica*. 18.
- Ruys, T., Lorvelec, O., Marre, A., dan I. Bernes. 2011. River Management And Habitat Characteristics Of Three Sympatric Aquatic Rodents: Common Muskrat, Coypu An European Beaver. *Eur J Wildl Res*. 57: 851–864.
- Voss, R.S., Marcus, L.F., and P. Escalante. 1990. Morphological Evolution In Muroid Rodents I. Conservative Patterns Of Craniometric Covariance And Their Ontogenetic Basis In The Neotropical Genus *Zygodontomys*. *Evolution*. 44: 1568-1587.
- Waluyo, K. dan Irianto, K. 2010 *Memahami Sains Zoologi*. PT. Sarana Ilmu Pustaka, Bandung.
- Warren, K. S., Verschoor, E.J., Langenhuijzen, S., Heriyanto, Swan, R.A., Vigilant, L., and J.L. Heeney. 2001. Speciation and Intraspecific Variation of Bornean Orangutans, *Pongo pygmaeus pygmaeus*. *Molecular Biology & Evolution*. 18: 472-480.
- Wells, K., Kalko. E. K. V., Lakim, M. B., and M. Pfeiffer. 2007. Effects of rain forest logging on species richness and assemblage composition of small mammals in Southeast Asia. *Journal of Biogeography*. 34:1087–1099.
- Widjaja, E.A., Rahayuningsih, Y., Rahajoe, J.S., Ubaidillah, R., Maryanto, I., Walujo, E.B., dan G. Semiadi. 2014. *Kekinian keanekaragaman hayati Indonesia 2014*. LIPI Press, Jakarta.
- Wilson, D.E., and M. Reeder. 2005. *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference 3rd edition*. John Hopkins University Press, Baltimore.
- Wright, S. 1943. Isolation By Distance. *Genetics*. 28: 114-138.
- Yazdi, F.T., Adriaens, D., and J. Darvish. 2011. Geographic Pattern Of Cranial Differentiation In The Asian Midday Jird *Meriones Meridianus* (Rodentia: Muridae: Gerbilinae) And Its Taxonomic Implications. *J Zool Syst Evol Res*. 50: 157-164.

